

# Problemática en la medida de temperatura en presencia de campos magnéticos alternos

Javier Estradera Vicastillo, Francisco José Pérez-Cebolla, Carlos Bernal-Ruiz,  
José Miguel Sanz-Alcaine

Grupo de Electrónica de Potencia y Microelectrónica (GPEM)  
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)  
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.  
Tel. +34-976762707, e-mail: [festradera@unizar.es](mailto:festradera@unizar.es)

## Resumen

Motivado por la caracterización térmica de un componente magnético bajo distintas excitaciones eléctricas, en este trabajo se explora la problemática asociada a la medida de temperatura mediante termopares en regiones afectadas por fuertes campos magnéticos variables en el tiempo.

## Introducción

En el ámbito de la electrónica de potencia, uno de los factores más importante en el diseño de etapas electrónicas es la temperatura máxima que alcanzan los distintos componentes en todo el rango de operación, siendo esta determinante en el dimensionamiento y la caracterización de bobinas y transformadores. En este tipo de elementos se generan campos magnéticos de alta frecuencia, especialmente cerca del entrehierro, los cuales pueden afectar a la correcta medida de la temperatura dependiendo del tipo de sensor empleado.

Un método frecuente de medida es mediante el uso de termopares, dada la facilidad y precio. Existen estudios del efecto de campos magnéticos en termopares [1,2] a baja frecuencia. Por otro lado, en [3] se explora la medida de temperatura usando termopares de tipo K, T y E en presencia de campos magnéticos de alta frecuencia, centrándose en el efecto de autocalentamiento del termopar. Dado que los termopares son metálicos aparecen corrientes de Foucault que fuerzan su calentamiento de manera proporcional a las dimensiones del termopar y su conductividad. Adicionalmente, en los termopares de tipo K, una de las aleaciones es ferromagnética (alumel), por lo que existen además pérdidas por histéresis magnética. Este autocalentamiento introduce un error en la medida de la temperatura.

En este trabajo se pretende comparar la viabilidad de la medida de la temperatura con termopares de tipo K, T y mediante el uso de fibra óptica.

## Metodología

Como elemento de test se dispone de una bobina en serie con un condensador variable a la salida de un convertidor electrónico de potencia en puente completo. El control de la tensión de alimentación del puente y de la frecuencia de conmutación de sus transistores posibilita modificar la potencia y la temperatura en la bobina, haciendo circular por esta una corriente sinusoidal con una amplitud y frecuencia deseada y por ende de la intensidad y la densidad del campo magnético. La medida de la temperatura se realiza en un punto próximo al entrehierro donde la dispersión del campo es mayor.

## Resultados

En la figura 1 se representa la evolución de la temperatura medida mediante la fibra óptica y el termopar tipo T, en una situación en la que se aplica una corriente de 20 A a 95 kHz durante un tiempo y luego se anula. En el momento de aplicación la temperatura medida por el termopar se incrementa con una dinámica rápida como consecuencia de su autocalentamiento. Esto origina una diferencia en la medida entre ambos sensores que posteriormente se mantiene constante mientras ambas evolucionan con una dinámica lenta como consecuencia del calentamiento real de la bobina. Al cesar la corriente ambas medidas convergen rápidamente. En la figura 2 se muestra el resultado de repetir el experimento incluyendo un termopar tipo K. En este tipo de termopar se observa un incremento de la temperatura mucho mayor y con un codo inicial muy marcado que afecta a las otras medidas de la fibra y el termopar tipo T. Finalmente, se ha repetido el experimento en DC empleando la fibra y el termopar tipo T. El resultado se puede observar en la figura 3, donde la medida de temperatura por ambos sensores resulta similar en todo el intervalo.

Para evitar que un termopar pueda afectar a la medida de otro sensor, se ha medido el incremento de

temperatura inicial que experimentan los termopares T y K en el transitorio inicial (a los 20 segundos). En la tabla 1 se recogen los incrementos de temperatura respecto a la fibra para distintas frecuencias y amplitudes de corriente.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos manifiestan la problemática asociada a la medida de la temperatura en presencia de campos magnéticos alternos mediante termopares, siendo especialmente vulnerables los de tipo K. En los de tipo T se podría asumir un error sistemático dependiendo del contexto, así como de la amplitud y la frecuencia del campo magnético. Finalmente se puede recurrir a la medida por fibra óptica teniendo inmunidad a la presencia de campo magnético para las resoluciones requeridas en el ámbito de la electrónica de potencia, con el inconveniente del precio y la dificultad para su posicionamiento.

Tabla 1. Incrementos  $T^a$  (°C) para termopar tipo K

f(kHz) \ I(A)	45	95	180
5	5.8	10.5	16.5
10	12.1	25.0	45.0
15	16.7	32.0	58.0
20	19.6	38.4	

Tabla 2. Incrementos  $T^a$  (°C) para termopar tipo T

f(kHz) \ I(A)	45	95	180
5	0	0	0.5
10	0	0.5	2.0
15	0	1.1	4.0
20	0	2.3	

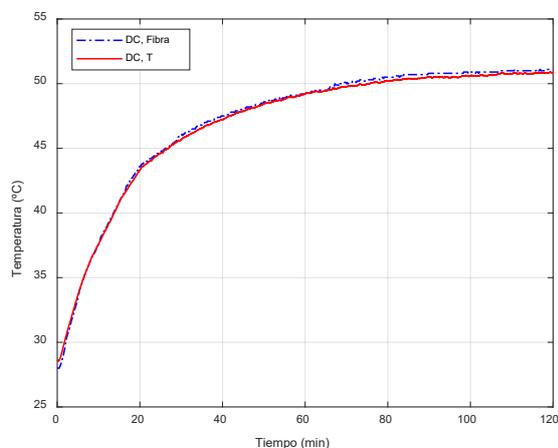


Figura 3. Evolución de la temperatura para el termopar tipo T y el sensor de fibra óptica con corriente 20 A, 95 kHz.

## REFERENCIAS

- [1]. SHIR, FARHAD & MAVRIPLIS, CATHERINE & BENNETT, LAWRENCE. (2005). Effect of Magnetic Field Dynamics on the Copper-Constantan Thermocouple Performance. *Instrumentation Science & Technology - INSTRUM SCI TECHNOL.* 33. 661-671. 10.1080/10739140500311239.
- [2]. BEGUŠ, S. & BOJKOVSKI, JOVAN & DRNOVŠEK, JANKO & GERŠAK, GREGOR. (2014). Magnetic effects on thermocouples. *Measurement Science and Technology.* 25. 035006. 10.1088/0957-0233/25/3/035006.
- [3]. Z. BOEKELHEIDE, Z. A. HUSSEIN, and S. HARTZELL. ISSN 1941-0069. 2016. Electronic Measurements in an Alternating Magnetic Field for Studying Magnetic Nanoparticle Hyperthermia: Minimizing Eddy Current Heating. *IEEE Transactions on Magnetics.* 52(7), pp 1-4.

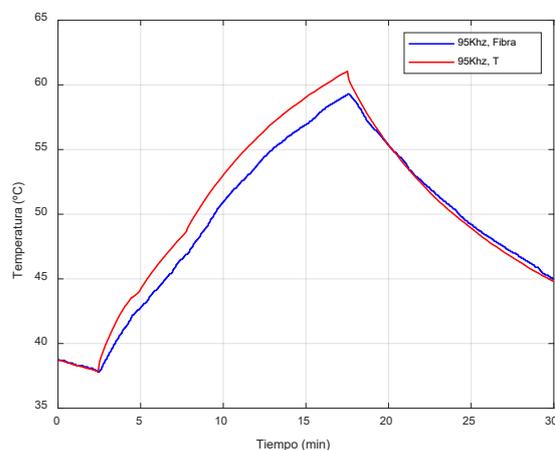


Figura 1. Evolución de la temperatura para el termopar T y el sensor de fibra óptica con corriente 20 A, 95 kHz.

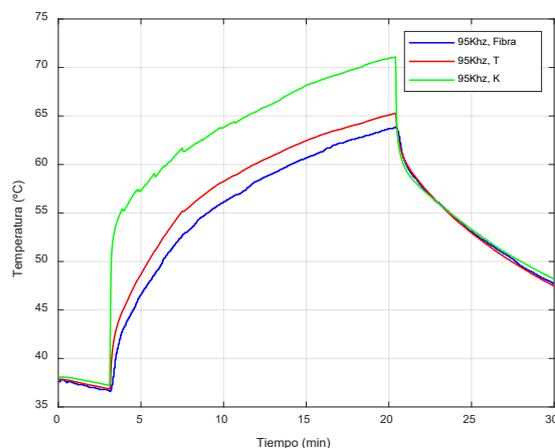


Figura 2. Evolución de la temperatura para los termopares tipo T y K y el sensor de fibra óptica con corriente 20 A, 95 kHz.