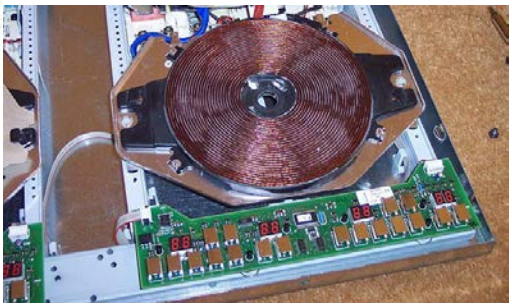
DEMO 172 Cocina de inducción



Autora de la ficha	Ana Cros
Palabras clave	Inducción electromagnética. Dominios ferromagnéticos.
Objetivo	Observar cómo se enciende una bombilla colocada sobre la cocina de inducción. Entender el mecanismo por el que las corrientes de inducción calientan el cazo ferromagnético.
Material	Cocina de inducción de un fogón, con su alargador para enchufar. Bombilla conectada a un bucle de cable. Cazo para calentar agua. Botella de agua (300 ml). Espiral de cobre por donde circula la corriente en la cocina de inducción (del desguace de una cocina de inducción).
Tiempo de Montaje	2 minutos

Descripción

1- Enchufar la cocina a la corriente eléctrica. Situar el cazo, con los 300 ml de agua en su interior, sobre la cocina de inducción, como si se fuera a calentar el agua. Encender la cocina a **máxima potencia**. Este paso sólo sirve para ver que la cocina funciona adecuadamente. NO ES NECEARIO CALENTAR EL AGUA. El agua sólo se requiere para el buen funcionamiento de la cocina de inducción.

2- Enseñar la espiral de cobre para que los estudiantes comprendan que la corriente que pasa por la espiral generará un campo magnético. Ese campo magnético variará con el tiempo según las especificaciones del fabricante de la cocina (de forma sinusoidal), dando lugar a corrientes de inducción tanto en el cazo ferromagnético como en cualquier otro circuito que se vea afectado por el campo magnético variable. Dejar que la espiral de cobre circule por la clase para que pueda observarse con detalle.

3- Apagar la cocina. Enseñar la bombilla con el lazo de cable conectado. Para que la bombilla se encienda será necesario situar el lazo de cable sobre la cocina, de forma que el campo magnético variable atraviese el área delimitada por el lazo. Cuanta más área con campo magnético abarque el lazo, mejor. **Colocar el cazo con agua de nuevo sobre la cocina, aplastando el lazo conductor entre la placa y el cazo**. Encender de nuevo la cocina. La bombilla se encenderá.

4- El experimento se puede repetir estrechando lo máximo posible el lazo de cable, de forma que el área sea prácticamente cero. En esas condiciones, aunque activemos la cocina la bombilla no se encenderá.

NOTA ACLARATORIA: Es necesario colocar el cazo con agua sobre la espira debido a los mecanismos de protección que contiene la cocina: si en el objeto que se sitúe sobre la cocina (lazo conductor) no se genera una corriente de inducción lo suficientemente intensa, la cocina se apagará. Al situar el cazo encima las corrientes son lo suficientemente intensas como para engañar al sistema de seguridad. El agua es necesaria para disipar parte del calor generado en el fondo del cazo.

Explicación

Al encender la cocina, una corriente eléctrica variable con el tiempo (variación sinusoidal) atraviesa la espiral. Esa corriente genera un campo magnético que varía con el tiempo con la misma dependencia temporal. A al atravesar el lazo conductor que alimenta la bombilla se genera un flujo de campo magnético que induce una corriente lo suficientemente intensa como para iluminar la bombilla.

La fuerza electromotriz inducida sigue la ley de Faraday-Lenz:

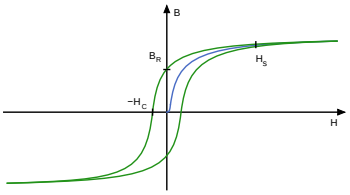
$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$, donde ϕ es el flujo de campo magnético que atraviesa el circuito de la bombilla (el lazo de cable):

$$\phi = \int_{sup.circuito} \vec{B} d\vec{s}$$

De forma alternativa, podemos imaginar el funcionamiento de la cocina como el de un transformador eléctrico: el circuito primario sería la espiral de cobre, el secundario la superficie inferior de la olla, donde se producen las corrientes de inducción.

Es conocido que para que un cazo sea apto para cocina de inducción, el material del que esté hecho debe "atraer un imán", es decir, debe tratarse de un material ferromagnético. Hay tres efectos que contribuyen al calentamiento del cazo [1]:

El efecto Joule, que depende de la resistencia del material, *R*, y de las corrientes inducidas en él, I_{ind} ($P = I_{ind}^2 R$).
El cambio producido por el campo magnético en los dominios ferromagnéticos (ciclos de histéresis del material). La potencia disipada viene dada por el área encerrada por el ciclo de histéresis o ciclo de imanación al que se ha sometido (ver figura [2]).
El efecto pelicular, debido a una distribución irregular de la corriente a altas frecuencias, que aumenta la resistencia.



De estos, el efecto más importante es el efecto Joule. Los materiales ferromagnéticos se caracterizan por valores muy altos de la permeabilidad magnética relativa (muy superiores a la unidad, que es lo característico de otros materiales, como los paramagnéticos), lo que aumenta el valor del campo magnético en su interior, aumentando de forma proporcional el flujo magnético y las corrientes inducidas. Como la potencia disipada en forma de calor por efecto Joule depende del cuadrado de la corriente, será proporcional a la permeabilidad magnética al cuadrado. Es por esta razón que se utilizan materiales ferromagnéticos en las cocinas de inducción. Además, dado que la corriente se obtiene derivando el cambio de flujo magnético, la potencia disipada será proporcional al cuadrado de la frecuencia de cambio de la corriente. Las cocinas de inducción utilizan frecuencias del orden de las decenas de kHz.

Sugerencias	
Referencias	[1] Trabajo Fin de Grado Simulación Electromagnética de una placa de inducción en software "ANSYS". Roberto González González. Universidad de Cantabria (2020). [2] https://es.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%A9resis#/media/Archivo:Hysteresiskurve.svg . Autor Walter Dvorak. Accedido el 24/06/2022. Agradecemos a Antxon Anta Unanue (Colegio Aleman. Deutsche Schule. San Alberto Magno de San Sebastián, Guipúzcoa) sus explicaciones sobre esta demostración, presentadas en el congreso DDD, así como habernos regalado parte del material necesario para esta demostración.