

INDUCTION HEATER

Pedro Pineda

darigas19@hotmail.com,

David Ugarte

david_ugarte@hotmail.com,

Carlos Alegre

carlosalegrefigueroa@yahoo.es

Profesor: José Rodríguez

Curso: CE 1002 Taller de Electrónica IV

Escuela de Ingeniería Electrónica

Universidad Ricardo Palma

RESUMEN: Este proyecto esta basado en la teoría de campos electromagnéticos y circuitos de alta potencia, para poder realizar un calentador que funcione por campos magnéticos variables a través de una bobina de núcleo de aire, a la cual le induciremos una corriente alterna y esta generara un campo inducido variable en el centro de esta, al colocar un material conductor dentro del núcleo de la bobina de aire se generara dentro del material calor producido por corrientes parásitas generados por el campo magnético variable que incide en el material.

PALABRAS CLAVE: Induction heater, calentador a inducción.

SUMMARY: This project is based on the theory of electromagnetic fields and high power circuits, to make a heater that works by magnetic fields through an air-core coil, which leads it to an alternating current and it will generate a variable field induced in the heart of this element by placing a conductive material within the core of the coil air heat generated within the material produced by eddy currents generated by the variable magnetic field which affects the material.

1 INTRODUCCIÓN

En este documento veremos en detalle los fenómenos producidos por la inducción de corriente en una bobina y circuitos de alta potencia ya que para realizar el proyecto se necesitan altos niveles de corriente.

2 CALENTADOR A INDUCCIÓN

2.1 TEORÍA DE INDUCCIÓN DE FARADAY

Toda corriente que circula dentro de una bobina hace que esta se convierta en un electro-imán con su polo norte y su polo sur como una brújula orientada hacia el norte, produciendo dentro de la bobina un campo magnético el cual es mayor en el centro de la

bobina, mientras mayor sea el flujo de corriente en la bobina el campo magnético generado será mayor, para nuestro caso usáramos corriente alterna.

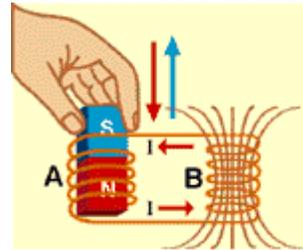
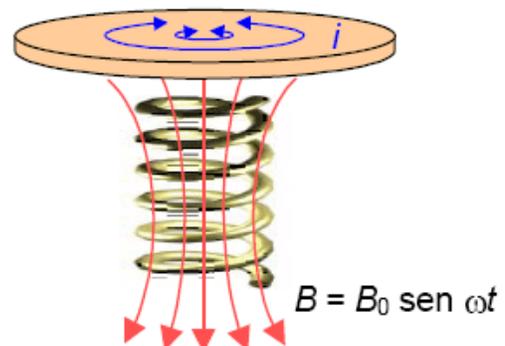


Figura 1.- Teoría de inducción de Faraday

2.2 CORRIENTES DE FOUCAULT

Son corrientes que se generan cuando un material conductor atraviesa un campo magnético variable el cual produce una corriente inducida dentro del conductor, estas corrientes producen campos magnéticos que se oponen al campo magnético aplicado. Mientras mas fuerte sea el campo magnético aplicado o mayor la conductividad del conductor mayores serán las corrientes de Foucault y los campos opuestos este fenómeno produce calor en el conductor haciendo una circulación alta de los electrones dentro del conductor.



Corrientes de Foucault en hornos y cocinas de inducción

Figura 2.- Corrientes de Foucault

Las corrientes inducidas son directamente proporcionales a la rapidez de variación de flujo, y por tanto a la frecuencia de variación del campo magnético. Se utilizan en la fundición de metales y en cocinas de inducción.

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL CALENTADOR DE INDUCCIÓN

La circulación de la corriente eléctrica en cualquier conductor genera un campo electromagnético a su alrededor. En el caso que este conductor tenga forma de bobina (solenoides), el campo electromagnético concentrado y con sentido único en el interior de la bobina, mientras que en el lado externo tiene tendencia a dispersarse.

Si en el interior de esta bobina existe un núcleo de material metálico, éste será sede de corrientes parásitas (corrientes de Foucault), las cuales lo calientan.

Para evitar que haya sobrecalentamiento de las estructuras metálicas externas a la bobina por la acción del campo electromagnético disperso, la bobina es circulada por núcleos constituidos de acero al silicio que conducen el campo externo evitando su dispersión y actuando como blindaje.

Colocando en el interior de la bobina, en vez de la pieza metálica de las figuras anteriores, un crisol de material refractario con una carga metálica, se puede aumentar la potencia de la bobina al punto de que las corrientes inducidas fundan esa carga.

Se puede decir que la bobina actúa como el primario de un transformador y el sólido metálico en su interior representa el secundario. Las transformaciones de energía en este tipo de horno son:

- En el primario: de energía eléctrica en magnética.
- En el secundario: de energía magnética en eléctrica y, finalmente, de energía eléctrica en calor.

El calentamiento por inducción utiliza las propiedades del campo magnético para la transferencia de energía eléctrica en energía calorífica, sin recurrir al contacto directo. La bobina de los hornos de inducción es de cobre. Se consigue un mayor rendimiento en la fusión del material, producto del campo eléctrico, cuanto más delgada sea la pared refractaria. Debido a esto, la bobina debe ser refrigerada internamente con agua. La temperatura de la bobina no debe pasar los 45 °C, ya que a los 60 °C se favorece la formación de incrustaciones que tienden a cerrar los canales.

2.4 Métodos de control de potencia

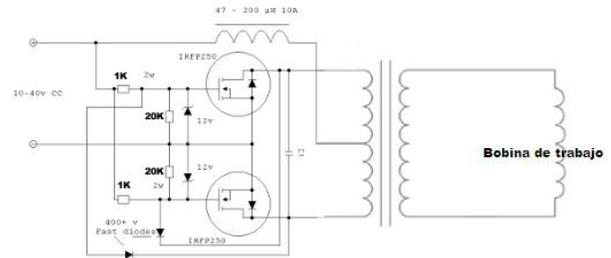
- Variando el voltaje de entrada del circuito
- Variando la Frecuencia

3 Circuitos

Para poder lograr nuestro calentador a inducción son necesarias 3 etapas:

1. Un oscilador de alta frecuencia y una fuente de considerable amperaje.
2. Una Bobina para generar el campo magnético
3. Un objeto conductor a calentar

3.1 Circuito Oscilador



Para este proyecto usaremos un circuito llamado ZVS por sus siglas en inglés Zero Voltage Switching (conmutación de voltaje cero).

El pulso inicial es conducido al primario, una vez que el condensador del circuito tanque está cargado, el circuito LC (inductor - Condensador) empieza a oscilar. Cuando la tensión entre la compuerta Drain y Source de cada MOSFET alcanza los 0 voltios, el MOSFET se activa para re-energizar el circuito LC y mantener la oscilación. Cada MOSFET alterna las funciones de conducción, uno para cada mitad de la onda sinusoidal.

Para poder saber la frecuencia de oscilación del circuito es necesario medir la inductancia de la bobina e igualarla a la capacitancia para así hallarla.

La frecuencia para estas aplicaciones depende de la profundidad del material a calentar. Cientos de kHz producen un calentamiento más superficial que con decenas, debido a la menor profundidad del efecto pelicular. Pero esto tiene relevancia sólo para ciertos tratamientos térmicos, y que involucran temperaturas muy superiores a las buscadas con este proyecto.

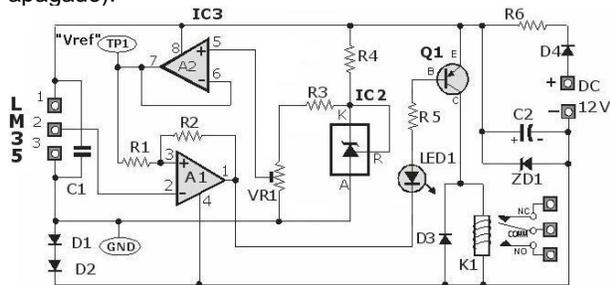
El calor específico del hierro es de 3537 joule / (dm³ * Kelvin) a la temperatura ambiente (el número exacto depende de cómo fue trabajado el metal).

Esto significa que para aumentar en 1 grado la temperatura de 1dm³ de hierro hace falta entregarle 3537 joules de energía. Como comparación, el agua necesita 4186 joules/kg.

Se debe proyectar el circuito para entregar una potencia mayor, ya que parte de su salida se perderá en la bobina, en las partes metálicas circundantes, y además la pieza calentada irá disipando parte de lo recibido durante el período de calentamiento.

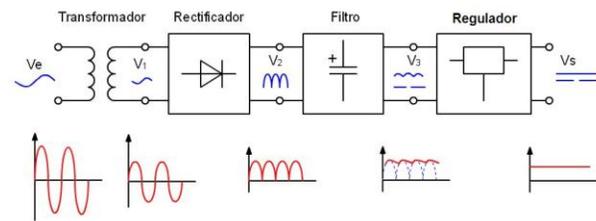
3.2 Actuador de Temperatura

La pieza más importante de nuestro actuador es el sensor de temperatura LM35 la tensión en el pin N 2 varía linealmente con la temperatura $0\text{ V} \rightarrow 0\text{ C}$ a $1000\text{ mV} \rightarrow 100\text{ C}$. Esto simplifica nuestro diseño del circuito ya que solo necesitamos proporcionar una referencia de voltaje de precisión (TL431) y un comparador (LM358) con el fin de construir nuestro actuador de temperatura. Con el valor del Trimer (VR1) y la resistencia (R3) obtenemos un divisor de tensión variable, que establece una tensión de referencia ($V_{ref} 0\text{ V} \sim 1.62\text{ V}$). El amplificador operacional (A2) funciona como un buffer, de la tensión de referencia a fin de evitar la carga de la red del divisor (VR1 y R3). El comparador (A1) compara la tensión de referencia V_{ref} (establecido por VR1) con la tensión de salida de LM35DZ y así activan o desactivan el relé (LED 1 encendido o apagado).

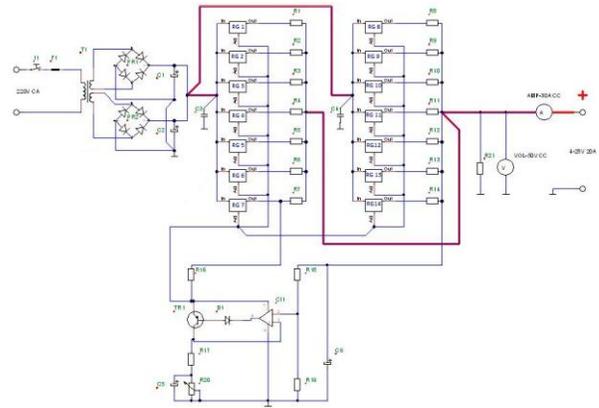


3.3 Fuente de alimentación

Para la implementación de nuestro calentador es necesario de una fuente que entregue una cantidad de amperios considerable, el siguiente diagrama de bloques ilustra una fuente regulada

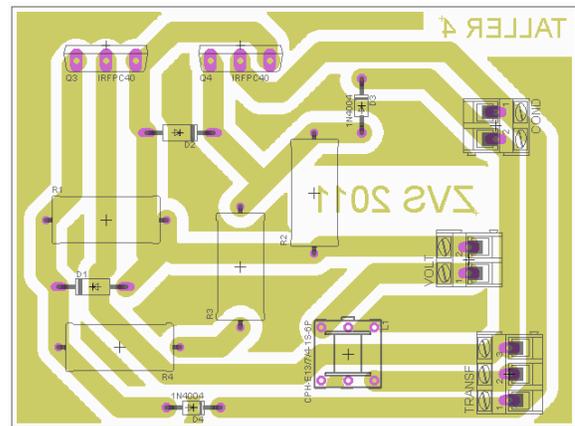


Los reguladores a usar serán los LM 317 estos manejan solo 1.5 amperios, pero conectados en paralelo como muestra el circuito, podemos llegar a manejar hasta 20A continuos y 30 A pico;



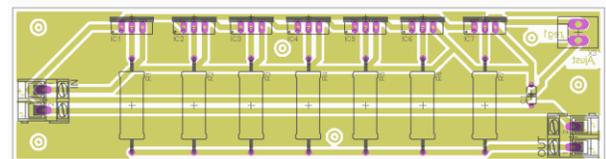
4 Esquemáticos:

4.1 Oscilador

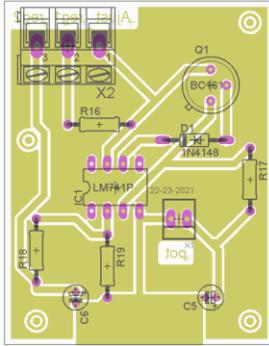


4.2 Fuente

Reguladores de Voltaje x2

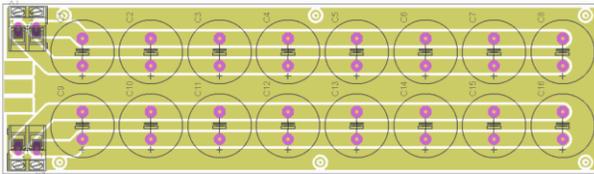


Control de regulación

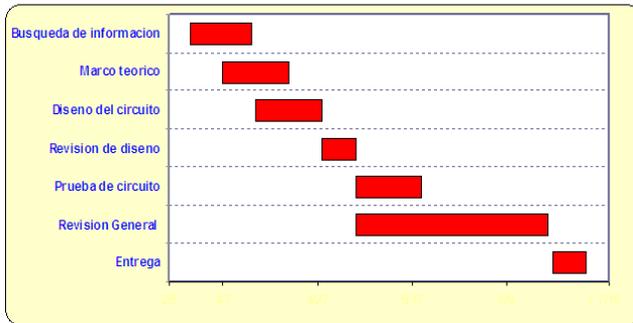


- [2] Paul A. Tipler, Gene Mosca, "Física para la ciencia y la tecnología", corrientes de Foucault, Página 845
- [3] Adolf Senner, "Principios de electrotecnia", hornos a induccion, Pagina 120
- [4] J. Llinares Galiana, A. Page, J. Llinares, A. Page, " Electromagnetismo y semiconductores " Pagina 332
- [5] Adel S. Sedra, Kenneth Carless Smith, Microelectronic circuits, Volumen 1,
- [6] Muhammad H. Rashid, Muhammad H. Rasid Virgilio González y Pozo Agustín Suárez Fernández, Electrónica de potencia, Pagina 137

Banco de condensadores



5 Diagrama de Grant



6 Conclusiones

Si se necesitase una forma definitiva de medir la temperatura en producción sería por métodos sin contacto, mediante la longitud de onda pico en el espectro radiado por la pieza (leyes de Wien y Planck). Los métodos tradicionales (diodo, termistor, termocupla, PT100) no son convenientes para medir la temperatura de una pieza removible, ya que precisamente una recomendación común a ellos es que tengan un buen contacto térmico con ella. De todos modos, como todas las piezas en el proceso seriado tendrán la misma masa y aleación, bastará con medir la temperatura por única vez cada vez que haya un cambio en las mismas. Por otro lado, la temperatura final no es un parámetro crítico, sino un compromiso entre la dilatación (cuanto mayor, menos crítica la colocación) y el tiempo y potencia necesarios.

7 REFERENCIAS

- [1] Antonio González Fernández, Consuelo Bellver Cebreros, "Campos electromagnéticos" Página 509