

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



XVIII INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRICAL
ENGINEERING. “SIE 2019”

**Diseño de cocina de inducción electromagnética alimentada por
energía solar fotovoltaica**
*Design of electromagnetic induction cooker powered by photovoltaic
solar energy*

**Alexander Fernández Correa¹, Nando Luis de Assunção¹, Humberto Breno
Albuquerque¹, Paulo Ricardo Dutra¹, Amanda Lahera Guerra²**

1- Alexander Fernández Correa. Universidad Federal de Roraima, Brasil.

E-mail: alexander.fernandez@ufr.br

1- Nando Luis de Assunção. Universidad Federal de Roraima, Brasil. E-mail:

assunçãonando@hotmail.com

1- Humberto Breno Albuquerque. Universidad Federal de Roraima, Brasil.

E-mail: albuquerque_breno@hotmail.com

1- Paulo Ricardo Dutra. Universidad Federal de Roraima, Brasil.

E-mail: pauloricardo.drds@gmail.com

2- Amanda Lahera Guerra. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Cuba

E-mail: amandislg@gmail.com

Resumen:

Las cocinas de inducción electromagnéticas representan en la actualidad la forma más eficiente para la cocción de los alimentos, empleando para sus funciones energía de la red eléctrica. En muchas regiones del mundo existen aceptables niveles de radiación solar que posibilitaría el empleo de esta fuente de energía para la cocción de alimentos. El presente trabajo aborda el estudio y diseño de una cocina de inducción electromagnética que utiliza energía solar fotovoltaica para ser empleada en locales donde no existe red de

alexander.fernandez@ufr.br
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



energía eléctrica. Para lo cual se realiza una revisión del estado del arte para el estudio y selección de las topologías de convertidores electrónicos, el diseño de la bobina de inducción, los circuitos para accionamiento y control, las rutinas de control de la cocina, así como el proyecto estructural del prototipo funcional de cocina de inducción electromagnética alimentada en baja tensión. Se definen los componentes del sistema formado por panel solar, batería de acumuladores, cargador de baterías e prototipo funcional proyectado y se presentan los cálculos para su elección. Se presentan los detalles del prototipo desarrollado, y la validación operacional de su funcionamiento. Se concluye que el diseño de la bobina de inducción es un paso crítico para alcanzar la potencia deseada y que el prototipo desarrollado puede ser una alternativa viable para la cocción de alimentos en áreas aisladas sin acceso a la red de energía eléctrica.

Palabras Clave: Electrónica de potencia, Energía solar fotovoltaica, Calentamiento por inducción electromagnética

Abstract:

Electromagnetic induction cookers currently represent the most efficient way of cooking food, using electric grid power for their functions. In many regions of the world there are acceptable levels of solar radiation that would make possible the use of this energy source for cooking food. The present work approaches the study and design of an electromagnetic induction cooker that uses photovoltaic solar energy to be used in premises where there is no electric power network. For which a review of the state of the art is made for the study and selection of the topologies of electronic converters, the design of the induction coil, the circuits for activation and control, the control routines of the kitchen, as well as the project structural model of the electromagnetic induction cooking functional prototype powered at low voltage. The components of the system formed by solar panel, battery of accumulators, battery charger and projected functional prototype are defined and the calculations for their selection are presented. The details of

alexander.fernandez@ufr.br
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



the prototype developed and the operational validation of its operation are presented. It is concluded that the design of the induction coil is a critical step to reach the desired power and that the developed prototype can be a viable alternative for the cooking of food in isolated areas without access to the electric power grid.

Keywords: Power electronics, Photovoltaic solar energy, Electromagnetic induction heating

1. Introducción

El elevado costo de los combustibles fósiles como el gas de cocina es uno de los problemas enfrentados en Brasil y en el mundo. Métodos alternativos se han desarrollado para minimizar ese problema como son las cocinas de inducción. El desarrollo de modernos dispositivos semiconductores de potencia e micro controladores de bajo costo, posibilitó la reducción de los costos de los sistemas de calentamiento por inducción electromagnética, los que eran empleados en el sector industrial y pasaron a ser empleados también en el sector residencial. Su aplicación en cocinas de inducción tiene sus antecedentes en la década de los años 70 del siglo XX con desarrollos prácticos en los estados Unidos y Japón. La introducción en Europa ocurrió en la década del 80 [1], [2].

La aplicación de la inducción electromagnética para cocinar brinda enormes ventajas como son el tiempo reducido para cocinar, potencia e temperatura ajustables, fácil limpieza e economía de energía cuando se compara con las restantes tecnologías para calentamiento. Esta tecnología permite obtener una eficiencia de hasta 90 %. Otro aspecto a destacar es la mayor seguridad para los niños y las personas adultas.

Como la cocción por inducción electromagnética es la técnica con mayor eficiencia, este sistema puede ser combinado con un sistema solar fotovoltaico con el objetivo de obtener reducido impacto ambiental y posibilitar su empleo donde no se dispone de red de energía

alexander.fernandez@ufr.br
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



eléctrica. En este trabajo se aborda el diseño de una cocina de inducción electromagnética que emplea para su funcionamiento la energía acumulada en baterías que es captada mediante paneles fotovoltaicos.

2. Calentamiento por inducción electromagnética

Cuando se coloca un material ferromagnético dentro de un campo magnético alterno, se producen pérdidas en forma de calor, estas pueden dividirse en tres: las pérdidas debidas a las corrientes eléctricas inducidas denominadas corrientes de Eddy o de Foucault, las pérdidas disipadas por la fricción de los dominios magnéticos y las pérdidas anormales. En resumen, para que ocurra el calentamiento por inducción, tiene que haber un cuerpo metálico sometido a un campo magnético intenso variable en el tiempo, creado por la circulación de corriente alterna en un inductor. En el cuerpo metálico se inducen corrientes por el fenómeno de la inducción electromagnética, conocidas como corrientes de Eddy o de Foucault. Las cuales producen altas temperaturas en el material, principalmente por las pérdidas producidas por el efecto Joule [3], [4], [5].

3. Inversores resonantes

En un sistema de calentamiento por inducción el inversor permite obtener una corriente de alta frecuencia que al pasar a través de una bobina de inducción, produce un campo magnético alterno. Si este campo es aplicado a un recipiente ferromagnético, en él serán producidas corrientes en forma de torbellino e histéresis magnética que calientan el recipiente [6], [7].

Actualmente en los sistemas de calentamiento por inducción comerciales se emplean comúnmente topologías de inversores resonantes. Las topologías más empleadas ver Figura 1, son la de puente completo (“*full-bridge*”), medio puente (“*half-bridge*”), y los inversores de solamente un elemento semiconductor de potencia (“*single-switch*”) o cuasi resonantes, que pueden ser encontrados operando en dos modos: conmutación a cero

alexander.fernandez@ufr.br
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

tensión (“ZVS: Zero Voltage Switching”) y a cero corriente (“ZCS: Zero Current Switching”), siendo el primero el más utilizado [8], [9].

Existe otra clasificación de inversores en la literatura conocida como topologías híbridas, pues son combinaciones o modificaciones de las presentadas anteriormente.

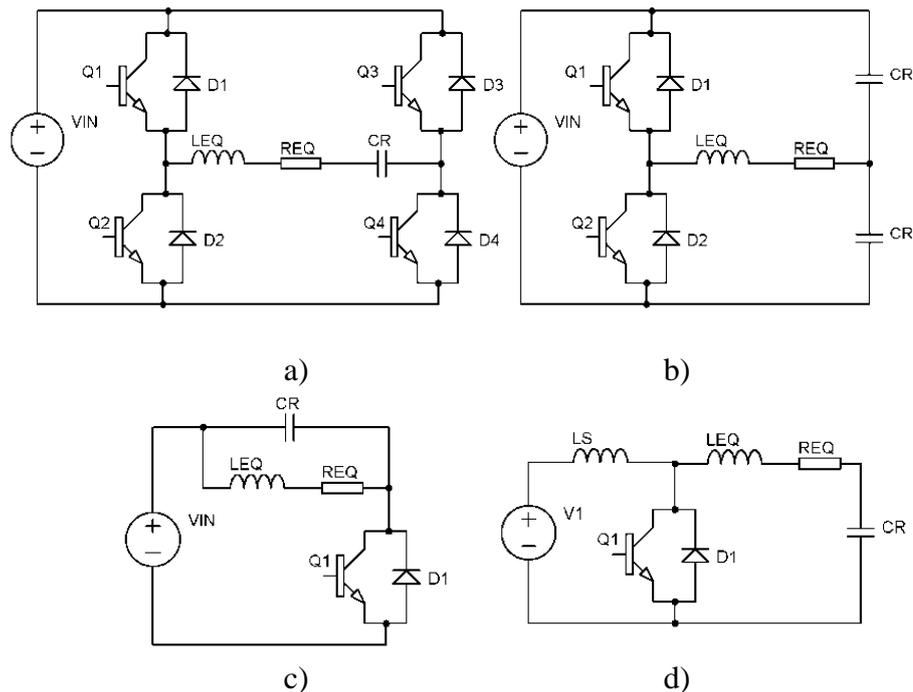


Figura 1. Inversores resonantes. a) Inversor en puente completo con carga resonante serie. b) Inversor medio puente con carga resonante. c) Inversores cuasi resonantes en modo ZVS. d) Inversores cuasi resonantes en modo ZCS. Fuente: [6]

Estas topologías de inversores presentan marcadas diferencias atendiendo a varios criterios como rango de potencia, eficiencia, estrés de los elementos semiconductores, regulación de potencia, emisiones electromagnéticas, etc. [10].

4. Concepción de la cocina de inducción

La concepción de la cocina de inducción responde al diagrama en bloques de la Figura 2 y funciona de la siguiente forma: la energía captada por el módulo fotovoltaico (FV) es

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

almacenada en un banco de baterías a través de un controlador de carga con seguimiento del punto de máxima potencia (“MPPT” por sus siglas en inglés) del módulo FV. Esta energía almacenada es suministrada al recipiente para cocción de alimentos mediante la bobina de inducción y el inversor cuya operación es controlada por un microcontrolador que opera junto al circuito que controla la interface con el usuario.

Para el funcionamiento apropiado de la cocina deben ser definidos parámetros como la potencia, el tiempo de cocción, así como la temperatura, además la cocina debe ser provista con un sistema de detección de recipientes que permita apenas operar con aquellos que presenten materiales apropiados de forma que no sea sobrepasada la corriente máxima permitida por los semiconductores de potencia, así como detener su operación si la tensión en las baterías alcanza un valor mínimo, de esta forma se garantiza un ciclo de descarga apropiado para no afectar su tiempo de vida.

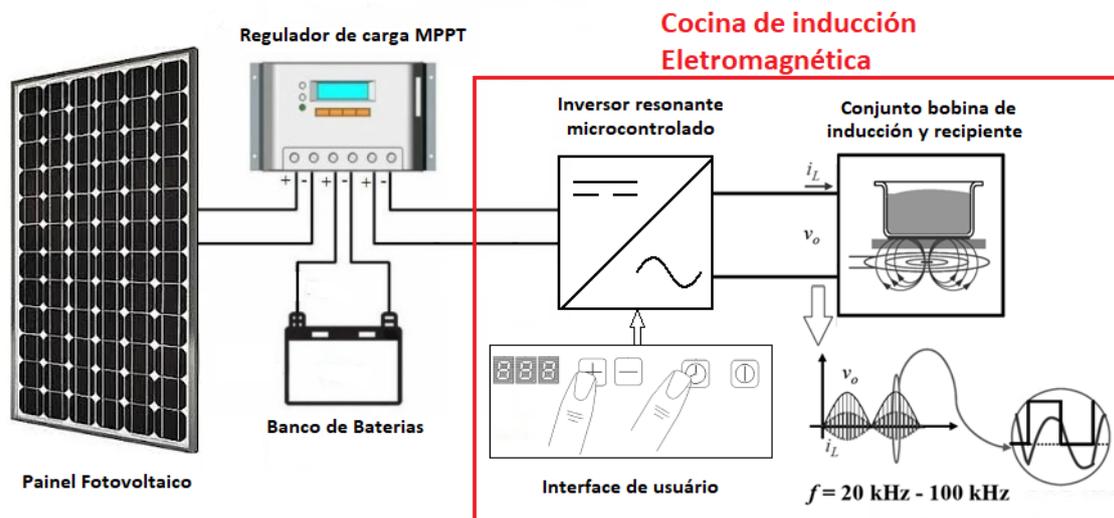


Figura 2. Diagrama en bloques de la cocina de inducción electromagnética. Fuente: elaboración propia.

Selección de la topología del inversor

A partir del estudio del estado del arte [2,3] y en función de la potencia de la cocina ser de 500 W fue seleccionada la topología del inversor de medio puente que es ampliamente

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



empleada en productos comerciales de cocinas de inducción electromagnética. Esta topología puede ser accionada convenientemente con micro controladores PIC de gama alta que poseen módulos de modulación de ancho de pulso (“PWM” por sus siglas en inglés) para operación de convertidores medio e puente completo con posibilidad de inserción de tiempo muerto. Para su activación pueden ser empleados varios circuitos drivers. En este trabajo fue seleccionado el circuito driver IR2110 y para la generación de las señales de activación de los elementos semiconductores que componen el inversor medio puente se emplea un micro controlador de gama alta 18F4580, que posee un módulo PWM con salida complementaria y posibilidad de inserción de tiempo muerto. El rango de frecuencia de conmutación de los elementos semiconductores fue seleccionada para estar por encima del rango audible o sea se proyecta la bobina de inducción y calculan los capacitores resonantes para que sea alcanzada la frecuencia de resonancia por encima del rango audible (>20 kHz) [11],[12].

Selección de los semiconductores de potencia.

En una cocina de inducción convencional se emplean como elementos de conmutación transistores bipolares de puerta aislada (“IGBT” por sus siglas en inglés) y el calor disipado en estos debido a las pérdidas de conducción y conmutación debe ser retirado mediante el empleo de disipadores de calor y ventilación forzada de forma que la temperatura de estos se mantenga dentro del rango de operación segura. La cocina de inducción diseñada a diferencia de las comerciales opera con tensión reducida (24 V), de esta forma se viabiliza el empleo de MOSFETS de potencia de alta corriente e baja tensión, que poseen valores de resistencia $R_{DS(on)}$ de valor tan bajo como 0.0025Ω . El empleo de tales semiconductores permite la operación de la cocina dispensando el empleo de refrigeración forzada, reduciendo el costo y aumentando levemente la eficiencia global de la cocina. Fueron seleccionados los MOSFETS IRF3205 por poseer bajo costo por unidad (15 centavos de dólar).

Selección y diseño de la bobina de inducción.

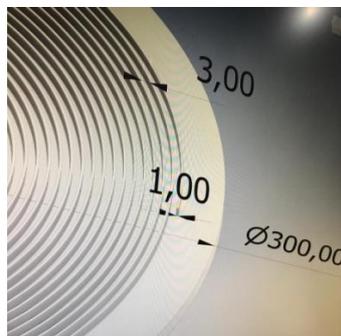
alexander.fernandez@ufr.br
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

Para realizar el mejor acoplamiento magnético del sistema inductor recipiente fue adoptada la geometría de inductor plano de espiral simple, y para su construcción se seleccionó el empleo de hilo de Litz que se hace necesario debido al efecto pelicular producto a la operación en alta frecuencia. Fue diseñado un inductor plano de simple espiral de 19 voltas, formado por 15 hilos de cobre esmaltado calibre 27, obteniéndose una bobina con una inductancia de $160\mu\text{H}$.



a) Modelo 3D del molde del inductor de simple espiral



b) Inductor desarrollado de simple espiral

Figura 3. Detalles del desarrollo de la bobina de inducción de simple espiral. Fuente: elaboración propia.

Para alojar el hilo de Litz se proyectó y construyó un molde para el inductor, el que es formado por una chapa de acrílico de 3mm cortada a laser que posee un orificio central y ranuras en forma de espiral donde es alojado el hilo de Litz con 3 mm de ancho y separación entre espiras de 1 mm. El prototipo 3D del cuerpo donde irá alojado la bobina se muestra en la figura 3.

alexander.fernandez@ufr.br
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



Para el diseño e implementación de la cocina de inducción se realizó un modelo 3D del cuerpo de la cocina. El prototipo consiste de una base con orificios para entrada de aire, espacio para colocación de la bobina de inducción, la placa del inversor micro controlado, así como la placa de la interface de usuario que va alojada por debajo de un cristal vitro cerámico donde será colocado el recipiente para la cocción. En la figura 4 se presenta la estructura de la cocina aún en fase de montaje final.



Figura 4. Prototipo de la cocina de inducción en montaje final. Fuente: elaboración propia.



Figura 5. Prototipo de la cocina de inducción finalizada. Fuente: elaboración propia.

5. Resultados del funcionamiento de la cocina de inducción

Para verificar el funcionamiento del prototipo con todas sus partes fue empleado el montaje mostrado en la figura 6, el sistema fue alimentado inicialmente empleando fuentes reguladas de tensión con limitación de la corriente para hacer barraduras en frecuencia y verificar el rango de frecuencia de resonancia obtenido, dos placas de

alexander.fernandez@ufr.br
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



inversores medio puente fueron probadas una empleando MOSFETs y la otra empleando IGBTs, ambas placas fueron conectadas a la misma bobina de inducción. En la figura 7 se aprecia que para la placa con MOSFETs se obtuvo un valor de corriente en la frecuencia de resonancia levemente superior al caso que empleaba IGBT, lo cual se debe a la mínima caída de tensión en conducción de los MOSFET por operar en zona óhmica.

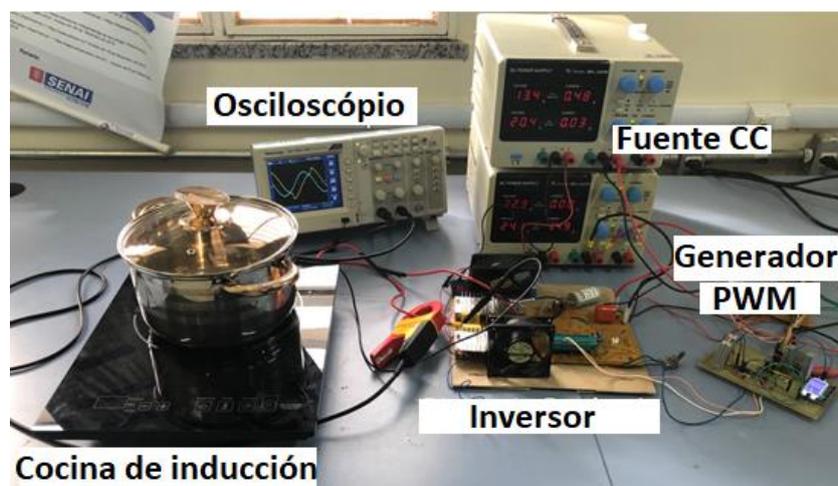


Figura 6. Montaje experimental para ensayos al prototipo de cocina de inducción. Fuente: elaboración propia.

Se verificó a través de las barraduras de frecuencia que los elementos calculados garantizan una frecuencia de resonancia por encima del rango máximo audible. Resultando la frecuencia de resonancia para los dos inversores construidos de alrededor de 26 kHz.

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

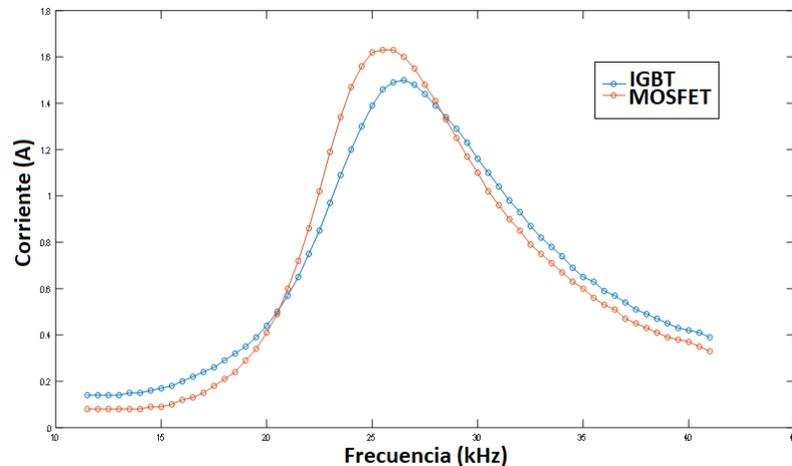


Figura 7. Curva de operación del circuito resonante. Fuente: elaboración propia.

A continuación fueron tomadas medidas de las formas de onda de tensión y corriente en la bobina de inducción para verificar el correcto funcionamiento del inversor, tanto para la frecuencia de resonancia como para la zona inductiva, tales resultados son mostrados en las 8 y 9.

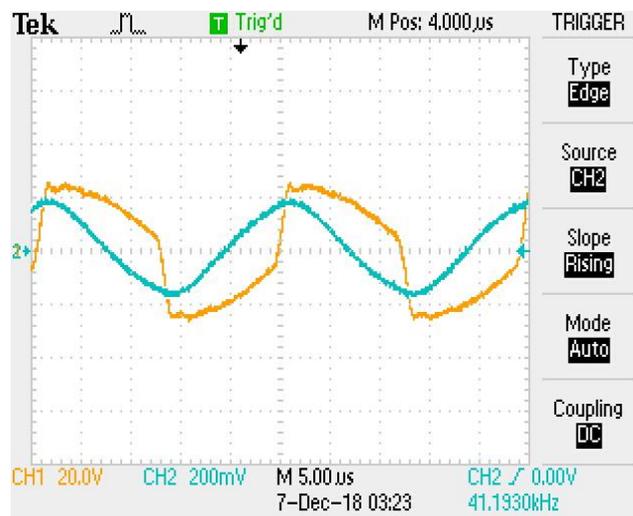


Figura 8. Señal de tensión (CH1) y corriente (CH2) en zona inductiva. Fuente: elaboración propia.

A partir de la constatación del correcto funcionamiento del inversor a partir de las formas de onda se realizaron ensayos para la obtención del comportamiento de la temperatura en el fondo del recipiente, para esto un sensor fue colocado dentro del recipiente en la condición de máxima potencia.

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

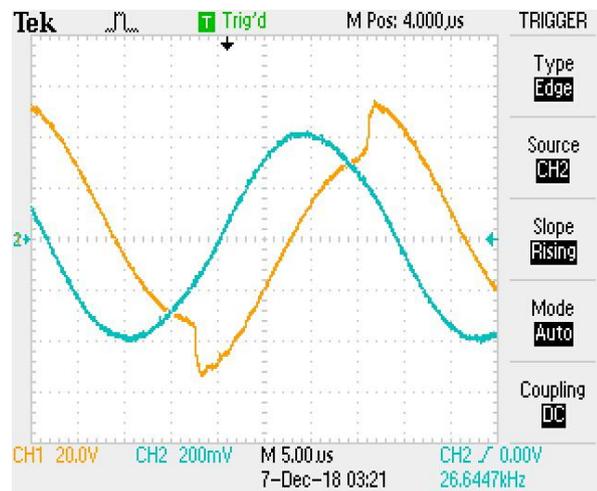


Figura 9. Señal de tensión (CH1) y corriente (CH2) en la frecuencia de resonancia. Fuente: elaboración propia.

La curva de la figura 10 muestra el comportamiento de la temperatura en el fondo del recipiente en función del tiempo.

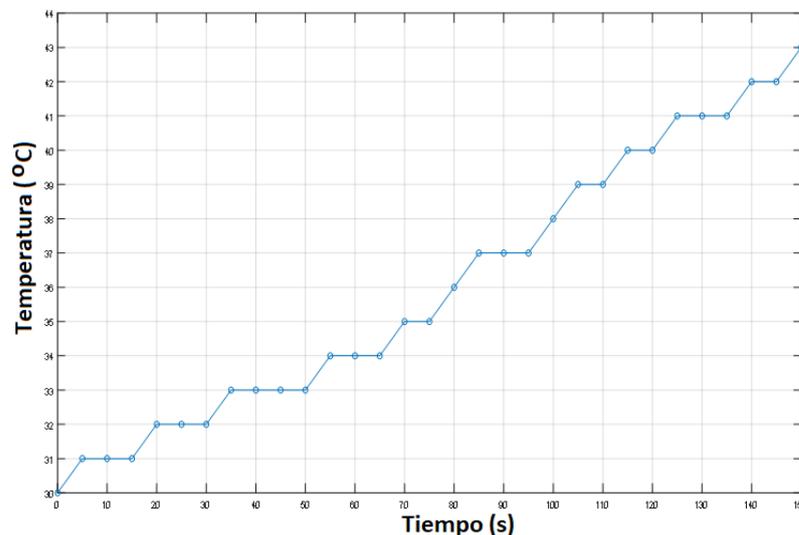


Figura 10. Comportamiento de la temperatura en el fondo del recipiente vs tiempo. Fuente: elaboración propia.

Las pruebas posteriores fueron realizadas conectando la cocina a un banco de baterías de 24 V 65 Ah completamente cargado y fueron realizadas medidas de la corriente demandada, la potencia, así como de la temperatura alcanzada por el agua colocada en el

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



recipiente, los ensayos arrojaron una potencia máxima en la frecuencia de resonancia de 240 W. Lo que permitió verificar que la bobina diseñada si bien permitió operar la cocina en el rango de frecuencia deseado, por otro lado no permitió alcanzar la potencia deseada de 500 W por lo que se decidió hacer un nuevo diseño de la bobina de inducción para alcanzar el valor de 500 W. Es importante resaltar que en este diseño a diferencia de las cocinas comerciales que operan con tensión de 110 o 220 V, en las que tiene que ser evitada la operación en la frecuencia de resonancia para proteger a los semiconductores de potencia, en este diseño se puede operar en la frecuencia de resonancia por tratarse de tensión reducida por lo que la bobina debe poseer un reducido número de espiras y un bajo valor de resistencia para lo cual se debe realizar el diseño de la bobina atendiendo los requisitos de potencia deseados.

6. Cálculo del sistema fotovoltaico e banco de baterías

El sistema de captación y almacenamiento de energía debe garantizar la operación continua de la cocina de inducción de 500W por 3 horas, pudiendo este tiempo ocurrir en diferentes momentos del día. Para el cálculo del sistema fue adoptado el procedimiento presentado en [13] y detallado a continuación.

La energía consumida por la cocina (E_c), será:

$E_c = \text{Potencia máxima de la cocina} * \text{Número de horas de operación}$

$$E_c = 500W * 3h = 1500Wh$$

La energía producida por el módulo fotovoltaico (E_p) se calcula como:

$E_p = \text{Irradiación diaria} * \text{Área de la superficie del módulo} * \text{Eficiencia del módulo}$

Seleccionando el módulo Canadian Solar CS6X-325P-FG de 325Wp con área de la superficie del panel de 1,9522m² y eficiencia de 0,1665 y tomando como irradiación diaria o valor de 5 kWh/m² día. La energía producida por el módulo será:

alexander.fernandez@ufr.br
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

$$E_p = 5 \text{ kWh/m}^2 \text{ día} * 1,9522 \text{m}^2 * 0,1665 = 1625,2 \text{Wh}$$

Con este módulo en principio sería posible generar la energía para garantizar reponer la energía a las baterías, sin embargo tiene que ser considerado que la carga de las baterías será realizada a través de un regulador de carga que no tiene eficiencia del 100 %, una pequeña parcela de la energía generada será perdida en el regulador de carga MPPT, considerando que estos reguladores poseen eficiencia del orden del 90%, será necesario que E_p exceda a E_c para suplir las pérdidas en el regulador de carga.

Considerando el cociente entre E_c y E_p se puede obtener el número de módulos necesarios, que en este caso por ser 0,92, se empleará apenas un módulo. Una autonomía mayor para el empleo de la cocina, por ejemplo de 6 horas, produciría $E_c = 3000 \text{Wh}$ y para el mismo módulo FV seleccionado ($E_p = 1625$) el número de módulos a emplear sería 2.

Para calcular el banco de baterías debemos determinar la capacidad del banco de baterías (C_{Banco}) como:

$$C_{\text{Banco}} = \text{Energía almacenada en el banco de baterías} / \text{Tensión del banco}$$

y,

$$\text{Energía almacenada en el banco de baterías} = \text{Energía consumida en el banco de baterías} / \text{Profundidad de descarga permitida (20\%, 50\%, 80\%, etc)}$$

Considerando la tensión del banco de 24 V y la profundidad de descarga permitida de 50% necesitaremos un banco con una capacidad $C_{\text{Banco}} = 125 \text{Ah}$, por tanto emplearemos dos baterías de plomo ácido de 12V en serie de 120 Ah, para alcanzar la capacidad y tensión del banco.

Resumiendo el sistema quedará compuesto por un módulo Canadian Solar CS6X-325P-FG de 325Wp, dos baterías de 12V 120Ah conectadas en serie y un regulador de carga MPPT de 30 A.

alexander.fernandez@ufr.br
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



7. Conclusiones

El inversor resonante de medio puente si bien se justifica su empleo en función del rango de potencia de 500 W de la cocina de inducción desarrollada, la resistencia equivalente de la bobina desarrollada no permitió con esta topología y el hilo de Litz confeccionado alcanzar los 500 W, por tanto deberá mejorarse el diseño de la bobina para obtener menor resistencia y alcanzar la potencia deseada para la configuración medio puente. El hecho de trabajar con baja tensión, posibilitó el empleo de transistores MOSFETs de potencia de baja tensión, alta corriente y reducido valor de resistencia $R_{DS(on)}$, lo que reduce las pérdidas y permite dispensar la ventilación forzada para controlar a temperatura máxima en los transistores. Los resultados preliminares alcanzados se muestran promisorios. Mejoras en el proyecto de la bobina de inducción deberán ser realizadas para aprovechamiento máximo del flujo magnético generado y aumentar la potencia. Se validó el completo funcionamiento de las etapas de fuerza, así como el correcto funcionamiento de las rutinas implementadas en el micro controlador.

8. Referencias

1. W. C. Moreland. (1973). Induction Its Performance Development Problems, *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 9, no. 1, pp. 81–85.
2. P. H. Peters.(1974). A Portable Cool-Surface Induction Cooking Appliance, *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. I, no. 6.
3. M. E. Tulu and D. Yildirim. (2013). Induction Cooker Design with Quasi Resonant Topology using Jitter Drive Method, pp. 1–6.
4. J. M. Burdío. (2008). De las cocinas de inducción a la electrónica de potencia y la compatibilidad electromagnética, in *Congreso de tecnologías a la enseñanza de la electrónica*, pp. 1–18.
5. P. K. Sadhu, N. Paul, A. Bandyopadhyay, and D. Sinha. (2010). Review of Induction Cooking - a Health Hazards Free Tool to Improve Energy Efficiency as compared to Microwave Oven, vol. 5, pp. 650–654.
6. S. Llorente, F. Monterde, J. M. Burdío, and J. Acero. (2002). A Comparative Study of Resonant Inverter Topologies Used in Induction Cookers, vol. 01, no. 6, pp. 1168–1174.

alexander.fernandez@ufr.br
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

7. I. Sheikhian, N. Kaminski, S. Voß, and W. Scholz. (2013). Optimisation of Quasi-resonant Induction Cookers Keywords Operation Principles of Quasi Resonant Converter. 15th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE). 2-6 Sept.
8. O. Lucía, P. Maussion, E. Dede, and J. M. Burdío. (2013). Induction Heating Technology and its Applications: Past Developments, Current Technology, and Future Challenges, *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 61, no. 5, pp. 2509–2520.
9. O. Jimenez, O. Lucía, I. Urriza, L. A. Barragan, and D. Navarro. (2014). Design and Evaluation of a Low-Cost High-Performance $\Sigma - \Delta$ ADC for Embedded Control Systems in Induction Heating Appliances, *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 61, no. 5, pp. 2601–2611.
10. Gutiérrez Menéndez, Armando Manuel (2016). Desarrollo de una instalación experimental para el estudio de las etapas de potencia en el prototipo cubano de cocina de inducción. Tesis de Maestría. CIPEL – CUJAE.
11. Correa, Alexander Fernández; Domínguez, Y. R.; MENENDEZ, A. M. G. (2018). Cocina de inducción doméstica de 1 kW de una zona de cocción. 2014, Cuba. Patente: Número do registro: CU24353B1, Oficina Cubana de Propriedade Intelectual. Depósito: 11/11/2014; En dominio público: 01/08/2018.
12. Domínguez, Y. R.; Menéndez, A. M. G.; Correa, Alexander Fernández. (2018). Sistema de calentamiento por inducción aplicado a la cocción. *INGENIERÍA ENERGÉTICA*, v. 39, p. 91-99.
13. Nando Luis de Assunção. (2018). Estudo e dimensionamento de um fogão de indução eletromagnética alimentado por energia solar fotovoltaica. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Roraima, 2018.

alexander.fernandez@ufr.br
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu