

Una formación de calidad  
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias  
15 al 18 de Septiembre de 2015

# **CAPACIDAD CALORÍFICA DE UNA COCINA DE INDUCCIÓN UTILIZANDO UN INVERSOR RESONANTE CLASE E ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SECTORES RURALES DE LA CIUDAD DE PASTO**

**Miller Ruales, Mark Vega, Deiby Landázuri**

**Institución Universitaria CESMAG  
San Juan de Pasto, Colombia**

## **Resumen**

En la actualidad las energías renovables han tomado un papel muy importante en nuestro medio, es por eso que se debe fomentar nuevas aplicaciones de estos sistemas, evitando la contaminación del medio ambiente y generando una segunda opción de obtener energía eléctrica limpia.

Es importante mencionar que una aplicación interesante en razón a las necesidades diarias del ser humano son las cocinas de inducción debido a que su funcionamiento es muy rápido y seguro; por cuanto estas funcionan con un voltaje alterno y de altas frecuencias.

Este trabajo de investigación se centra en determinar la capacidad calorífica de una cocina de inducción que utiliza un inversor resonante clase E el cual es alimentado por un sistema fotovoltaico conformado de paneles solares amorfos. Primero que todo se ha determinado el comportamiento del panel solar ante las condiciones climatológicas que presenta la ciudad de Pasto, comprobando que este panel solar amorfo es muy eficiente en esta región que se caracteriza por tener una radiación solar difusa.

Para el funcionamiento de la cocina de inducción se debe diseñar un inversor resonante clase E que es alimentado por el panel solar amorfo generando una señal alterna con una frecuencia que depende de la modulación del PWM para conmutar al MOSFET. En este trabajo se ha desarrollado un PWM de 30 kHz, óptimo para generar un mayor desempeño en el inversor y así tener una alta capacidad

calorífica en la cocina de inducción.

**Palabras clave:** sistemas fotovoltaicos; inversor resonante clase E; cocinas de inducción

### **Abstract**

*At present renewable energies have taken a very important role in our environment, that is why you should encourage new applications of these systems, as well it is possible to reduce pollution of the environment and offer a second option to get power clean.*

*Is important to note that an interesting application, due to the human needs are induction cookers because they are very fast in operation by applying an alternating high frequency signal.*

*This work focuses on determining the heat capacity of an induction cooker that uses a inverter resonant class E which is powered by a photovoltaic system composed of amorphous solar panels. First of all it has been determined the behavior of the solar panel to the weather conditions presented by the city of Pasto, proving that this solar panel is very efficient in this region that is characterized by diffuse solar radiation.*

*The Class E resonant inverter is powered by the solar panel generating an alternating signal with a frequency which depends on the PWM modulation for switching the MOSFET. This paper has developed a 30 kHz PWM of for generating higher performance in the inverter and thus have a high efficiency induction cooker.*

**Keywords:** photovoltaic systems; class E resonant invertir; induction cookers

## **1. Introducción**

Partiendo del análisis correspondiente del panel solar amorfo y sus características climatológicas se determinó que este panel solar trabaja con radiación solar difusa y a bajas temperaturas las cuales cumple la ciudad de Pasto siendo una región nublada debido a los diferentes lagos, cochas y lagunas que lo conforman a su alrededor, también es válido mencionar que hay otros factores que intervienen en la caracterización del panel amorfo como son las ubicaciones geográficas y la altura que se encuentra la ciudad de Pasto.

El panel solar amorfo nos entrega una señal continua el cual será transformada a una señal alterna por medio de un inversor resonante clase E; este inversor se caracteriza por ser muy eficiente y de trabajar a altas frecuencia, sus pérdidas son mínimas debido que lo conforma un solo MOSFET el cual se conmutara de acuerdo a la orden que le genere la modulación de ancho de pulso.

La señal alterna es entregada a una bobina que hace parte de la cocina de

inducción, por medio de esta se genera un campo magnético debido a las corrientes de Foucault y al efecto de Joule que presenta el material conductor cuando es expuesto a una corriente eléctrica, es así que este material transforma la energía eléctrica en energía calorífica, es muy importante resaltar que esta señal alterna trabaje a altas frecuencias para producir estos efectos.

## **2. Metodología del proyecto**

El paradigma que enmarca el presente trabajo es positivista, debido a que la realidad representada de la medición de la capacidad calorífica de la cocina de inducción es deducidas por un proceso racionalista y comprobado por un trabajo empirista, pilares fundamentales del positivismo.

El enfoque de este estudio es cuantitativo, porque se puede calcular la capacidad calorífica de la cocina de inducción, además que esta es susceptible de medición y los resultados numéricos se procesan y analizan cuantitativamente para determinar un mayor desempeño.

Las investigaciones cuantitativas se desarrollan aplicando el método científico (empírico analítico), y este trabajo lo utilizará al realizar mediciones controladas de corriente y voltaje del inversor resonante clase E para determinar la capacidad calorífica de la cocina de inducción.

El tipo de investigación en el que se enmarca este trabajo es descriptivo, debido a que se orienta a caracterizar el comportamiento del inversor resonante clase E con el fin de determinar qué capacidad calorífica puede generar las cocinas de inducción alimentadas por sistemas fotovoltaicos.

## **3. Análisis de problema**

En la actualidad el problema de la contaminación ambiental se ha visto en aumento debido a la mala utilización de los recursos naturales que se presentan en los sectores rurales de la ciudad de Pasto.

Este tipo de contaminación es de gran magnitud; esta se ve reflejada en la utilización de madera y carbón, maltratando nuestro ecosistema, haciendo que la calidad vida de los seres humanos se deteriore por no encontrarse en condiciones favorables y haciendo que nuestras futuras generaciones no cuenten con un ambiente sano que permita su desarrollo íntegro.

Es por esto que se busca nuevas alternativas de energías limpias las cuales sean favorables para el medio ambiente analizando el comportamiento de los sistemas fotovoltaicos en estos sectores, determinando las características climatológicas y de fabricación que correspondan a cada clase de paneles solares como son monocristalinos, policristalinos y amorfos.

El panel solar amorfo cumple con las características necesarias para suplir las necesidades en los sectores rurales de la ciudad de Pasto, siendo este panel solar más eficiente ante la presencia de radiación solar difusa y frente a temperaturas relativamente bajas su eficiencia no cambia.

Mirando las necesidades de estos sectores se ha analizado la capacidad calorífica que puede generar una cocina de inducción conectada a un inversor resonante clase E que es alimentado por un sistema fotovoltaico.

El análisis de la capacidad calorífica de la cocina de inducción hace posible una implementación de estas en los sectores rurales y así disminuir la contaminación ambiental para que los seres humanos tengan una buena calidad de vida.

- a. **Panel solar amorfo.** Involucran diferentes tecnologías como Teluro de Cadmio, Silicio amorfo, entre otras, se tiene que pueden entregar una eficiencia hasta el 19% en conversión de radiación solar en corriente eléctrica en condiciones climatológicas de radiación solar difusa.



Figura 1: panel solar amorfo.

Fuente: SORREAU, J. (4 de 03 de 2010). *Econergi*. Obtenido de <http://econergytour.com/2010/01/econergytour-newsletter-n3-ianvier-2010>

- b. **Radiación solar difusa.** Una parte de esta radiación procedente del Sol es absorbida y dispersada por la atmósfera debido a los cambios de reflexión y difusión, la parte que es dispersada llega al planeta Tierra de manera aleatoria “La distribución de esta energía luminosa incidente es muy difícil de determinar, pero es una aproximación suficiente suponer que llega de manera uniforme desde todo el cielo”<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GARCIA, M. (1999). *Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo* (Una Edición ed., Vol. 1). Madrid: RED ALMAR.

En la figura 2 se ve reflejado el comportamiento de las diferentes radiaciones.

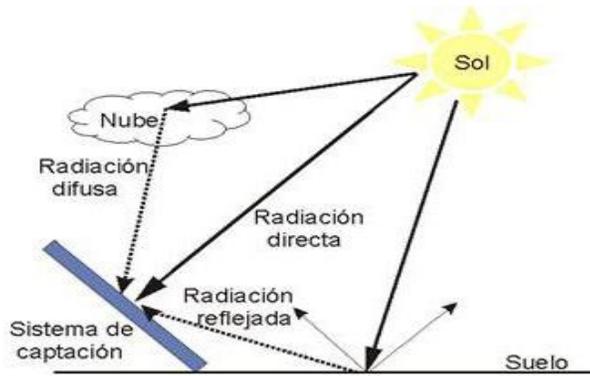


Figura 2: Tipos de radiación solar

Fuente: HERNÁNDEZ, P. (08 de 03 de 2014). *Radiación directa, difusa y reflejada*. Obtenido de Monografías: <http://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>

### c. Inversor resonante clase E

El funcionamiento de un inversor resonante clase E es cambiar una señal continua a una señal alterna con una magnitud y frecuencia deseada, así mismo la señal de salida y la frecuencia pueden ser cambiadas según su requerimiento, para este trabajo de investigación se maneja altas frecuencias debido a los efectos ya mencionados que hacen parte del material conductor.

En la figura 3 se muestra el diseño del inversor resonante clase E.

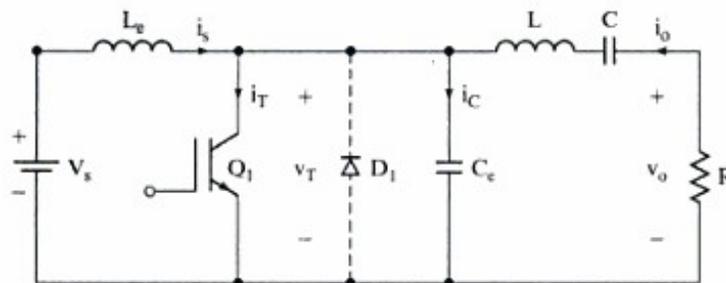


Figura 3: diseño de inversor resonante clase E.

Fuente: MUHAMMAD, H. (2004). *inversor resonante clase E*. En G. Mendoza (Ed.), *Electrónica de Potencia* (3.ed ed., pág. 308). México.

### d. Cocinas de inducción

Estas cocinas de inducción calienta directamente el recipiente mediante un campo electromagnético alterno que magnetiza el material ferromagnético del recipiente en dos sentidos. Este proceso tiene menos pérdidas de energía debido a que el material se agita magnéticamente y es así que la energía eléctrica procesada por un inversor resonante clase E se absorbe y se desprende

en forma de calor calentando el recipiente. Los recipientes deben contener un material ferromagnético para que este proceso se realice adecuadamente.



Figura 4: cocina de inducción.

#### 4. Procedimiento y análisis de simulación

La figura 5 representa un diagrama de bloques el cual corresponde al montaje previo, con el fin de realizar los respectivos análisis del inversor y de la cocina de inducción.

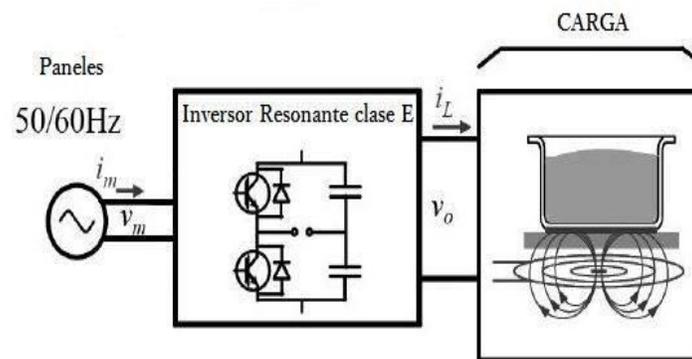


Figura 5: Diagrama de bloques del sistema.

La implementación del inversor resonante clase E se muestra en la figura 6.

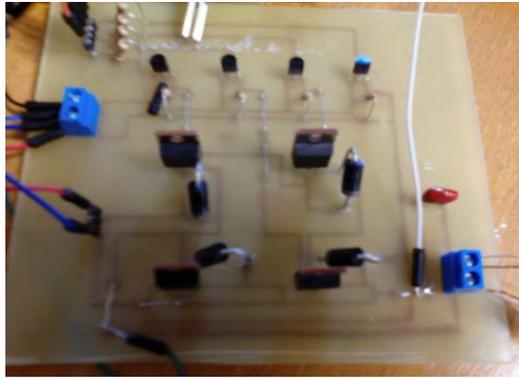


Figura 6: Implementación de inversor resonante clase E.

En la figura 7 se ve reflejado el resultado del inversor resonante clase E ante una entrada continua que proviene del panel solar amorfo.

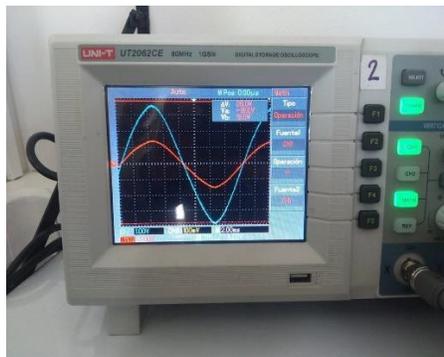


Figura 7: Señal de salida del inversor resonante clase E.

## 5. Conclusiones

- > A través del análisis del trabajo de investigación se deduce que el calentamiento por inducción es un proceso que brinda muchas ventajas en distintas aplicaciones; sin embargo la mayor ventaja de este es que no afecta al medio ambiente y tiene una respuesta mucho más rápida que los sistemas comunes de calentamiento.
- > Se logra observar que debido a mayor frecuencia de conmutación del MOSFET y a su mayor velocidad de respuesta el inversor resonante clase E ayuda a establecer una mayor eficiencia en el proceso de calentamiento.
- > Se observa que la cantidad de energía de entrada es directamente proporcional a la cantidad de energía calorífica que se obtiene a la salida del sistema de calentamiento por inducción.

## 6. Referencias

### Páginas web

- Andreotti, J. (4 de 01 de 2013). *Consultor de telecomunicaciones y electricidad*. Obtenido de Fabricación de paneles solares: <http://ingenieroandreotti.blogspot.com/2013/01/plan-solar-san-juan-fabricacion-de.html>

### Libros

- MUHAMMAD, H. (2004). inersor resonante clase E. En G. Mendoza (Ed.), *Electrónica de Potencia* (3.ed ed., pág. 308). México.
- HERNÁNDEZ, P. (08 de 03 de 2014). *Radiación directa, difusa y reflejada*. Obtenido de Monografías: <http://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>
- GARCIA, M. (1999). *Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo* (Una Edición ed., Vol. 1). Madrid: RED ALMAR.

### Sobre los autores

- **Miller Ruales:** Estudiante de ingeniería electrónica VII semestre e integrante de semilleros de investigación. [millerruales@hotmail.com](mailto:millerruales@hotmail.com)
- **Mark Vega:** Estudiante de ingeniería electrónica VII semestre e integrante de semilleros de investigación
- **Deiby Landázuri:** Estudiante de ingeniería electrónica VII semestre e integrante de semilleros de investigación. [markalejandrovega@hotmail.com](mailto:markalejandrovega@hotmail.com)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)