

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CARGA MONOFÁSICO PARA PRUEBAS EN SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDAS MONOFÁSICAS CON CAPACIDADES ENTRE 1 Y 2 KVA

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SINGLE-PHASE LOAD BENCH FOR TESTING IN UNINTERRUPTED POWER SYSTEMS WITH CAPACITIES BETWEEN 1 AND 2 KVA

### ABSTRACT

This document describes the project related to the design and implementation of a resistive type load bench for load testing on single-phase uninterrupted power system with capacities ranging from 1 KVA to 2 KVA. The structure of the project initially presents the theoretical description of the fundamental concepts in power electronics and in reference with the cargo benches that are currently in the market. Later on, is the design of the resistive load bench is done based on the existing research and the design is finally implemented, highlighting the results, conclusions, technical difficulties and improvements to the project. From the results obtained, a work tool is delivered to the power systems industry and also material for research in areas related to the analysis of the quality of energy and power electronics.

**Key words:** load bank, power converters, power electronics, UPS, UPS testing.

### RESUMEN

En este documento se describe el proyecto correspondiente a el diseño e implementación de un banco de carga de tipo resistivo para pruebas de carga en Sistemas de alimentación ininterrumpidas monofásicas de capacidades comprendidas entre 1 KVA y 2 KVA. La estructura del proyecto presenta inicialmente la descripción teórica sobre los conceptos fundamentales en electrónica de potencia y en referencia con los bancos de carga que se encuentran actualmente en el mercado. Posteriormente se realiza el diseño del banco de carga resistivo con base en la investigación ya existente y finalmente se implementa el diseño, resaltando los resultados obtenidos, conclusiones, dificultades técnicas y mejoras al proyecto. A partir de los resultados obtenidos, se entrega una herramienta de trabajo para la industria de sistemas de potencia en general y material de investigación en áreas relacionadas con el análisis de la

### Pablo Emilio Rozo García

Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones  
Docente planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
perozog@udistrital.edu.co  
Bogotá, Colombia

### Judith Zabaleta

Ingeniera Electrónica  
Docente de la Fundación Universitaria los Libertadores  
jazabaletas@libertadores.edu.co  
Bogotá, Colombia

### Nelson Enrique Vera Parra

Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones  
Docente planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
neverap@udistrital.edu.co  
Bogotá, Colombia

**Tipo:** Artículo de investigación

**Fecha de Recepción:** Julio 3 de 2013

**Fecha de Aceptación:** Agosto 6 de 2013

calidad de energía y electrónica de potencia.

**Palabras claves:** banco de carga, convertidores de potencia, electrónica de potencia, pruebas en UPS, UPS.

## 1. INTRODUCCIÓN

Para asegurar que el objeto final de un Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI ó UPS) se cumpla correctamente se le debe realizar pruebas para evaluar los diferentes parámetros de operación y los resultados obtenidos, deben cumplir con los valores que el fabricante ofrece y que se encuentra en las especificaciones técnicas del equipo.

La prueba de carga es un método para evaluar de forma integral todos los subsistemas que componen el UPS (rectificador/PFC, booster, inversor, etc), esta prueba consiste en que el equipo suministre energía eléctrica constante y con un porcentaje de distorsión de voltaje dentro de los parámetros definidos por el fabricante, tanto en modo normal como en modo baterías con diferentes valores de carga ó consumos.

Al realizar el diseño e implementación del banco de carga aseguramos la funcionalidad y la fiabilidad de los UPS al suministrar energía eléctrica a media ó plena carga y ofrece la tranquilidad de que el equipo esté en funcionamiento con las especificaciones del fabricante.

Con este sistema se incursiona en la industria nacional con un modelo a baja potencia, de menor volumen y menos coste, en comparación con los que comercializan en el exterior [3] [4] o los que algunos fabricantes nacionales de resistores y bancos de resistores ofrecen. El usuario puede realizar pruebas a equipos de capacidad menor a 2 KVA y gracias a su tamaño puede ser traslado con facilidad a cualquier lugar de trabajo.

Estas unidades son la elección más acertada ya que proporcionan una combinación perfecta para ejecutar pruebas en UPS: son transpor-

tables, de fácil uso, es una versión económica y sobre todo brindan la seguridad que usuario necesita.

En el presente escrito se describe el desarrollo del Banco de carga monofásico para pruebas de carga en UPS's con capacidades comprendidas entre 1 y 2 KVA, describiendo de una forma general cada una de las etapas diseñadas y finalizando con la implementación experimental del circuito en general.

## 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El principal Objetivo del proyecto desarrollado es: Realizar el diseño e implementación de un banco de carga R para pruebas de carga en sistemas de alimentación ininterrumpidas (UPS's) monofásicos con capacidades entre 1 y 2 KVA.

Específicamente el proyecto cuenta con los siguientes objetivos:

- Caracterizar los bancos de carga existentes en el mercado.
- Realizar análisis sobre control digital de circuitos de potencia.
- Realizar análisis del principio de operación de un convertor monofásico CA-CD.
- Diseñar etapa de control, potencia y sistema de protección del banco de carga R para pruebas de carga en sistemas de alimentación ininterrumpidas (UPS's) monofásicos con capacidades entre 1 y 2 KVA.
- Implementar el diseño propuesto acoplando las etapas integrantes.
- Realizar pruebas al banco de carga implementado.

## 3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

El diagrama de bloques general del proyecto se muestra en la figura 1.

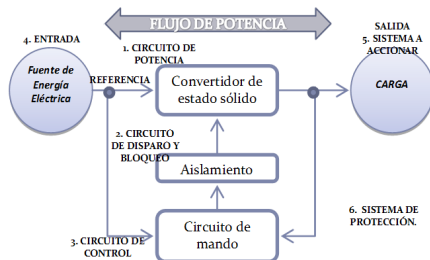


Figura 1. Diagrama general del proyecto

### 3.1. Entrada

Etapa constituida por una fuente eléctrica. Una fuente es un voltaje o un generador de corriente capaz de suministrar energía a un circuito [2] [6] [9]. La fuente eléctrica son dos tipos:

*Fuente CA:* red eléctrica, generador aislado, generador eólico, generador diesel, entre otras.

*Fuente CD:* baterías, celdas combustible, paneles solares, entre otras.

### 3.2. Salida

Es el elemento de todo el circuito que absorbe (elemento pasivo) ó entrega (elemento activo) energía eléctrica [2] [3] [6]. Para este caso los dividimos en dos tipos de carga:

*Carga CA:* máquinas de CA, resistivos, reactivos (iluminación, horno, estufa).

*Carga CD:* máquinas de CC, batería.

## 4. ETAPA DE POTENCIA

Esta etapa está constituida por el diagrama de bloques que se muestra en la figura 2, donde se estudia los conversores CA – CD y la carga:

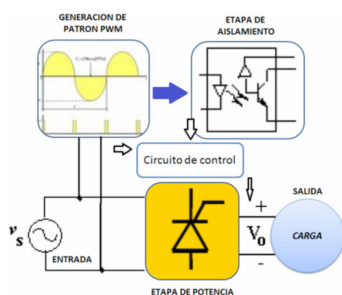


Figura 2. Diagrama de bloques etapa de potencia

Etapa compuesta por dispositivos semiconductores de potencia agrupados formando diferentes topologías correspondientes a cada tipo de convertidor; esta etapa se basa en el principio de operación de un semi-convertidor CA-CD [1] [9], compuesto por un grupo de tiristores [5] [6] [7] [10] y una carga de tipo resistivo [1] [3] [4].

Las resistencias eléctricas usadas en la industria son elementos capaces de transformar la energía eléctrica en energía calorífica y para efectos en este proyecto se usa un tipo muy conocido en el mercado como la resistencia tubular (125V/3000W).

Este tipo ofrece buenas características de resistencia contra los choques térmicos, corrosión, altas temperatura y vibraciones. Algunas son fundidas en moldes permanentes de acero o aluminio produciendo una fusión de densidad uniforme alrededor de la resistencia, brindando bajas densidades de potencia y una transferencia uniforme de calor y alta durabilidad.

## 5. ETAPA DE CONTROL

Esta etapa está diseñada para manejar los siguientes aspectos:

- Control del proceso de conversión de la energía de la etapa de potencia (convertidor CA – CD). El circuito diseñado genera las señales adecuadas para el disparo y bloqueo de los semiconductores de potencia de forma adecuada [1] [6] [8]. El valor del ángulo de disparo, se programa previamente, por medio de una interfaz entre el usuario y un sistema digital compuesto principalmente por un microcontrolador PIC16F877A, un LCD y un teclado matricial. Es decir, el usuario puede programar el valor de corriente en la carga.
- Medición y visualización de la corriente de salida ( $I_{out}$ ) y la tensión de entrada ( $V_s$ ).
- Cálculo y visualización del voltaje de salida ( $V_{out}$ ) y potencia en la carga ( $P_o(CD)$ ).

La descripción anterior se expresa en el diagrama de bloques de la figura 3.

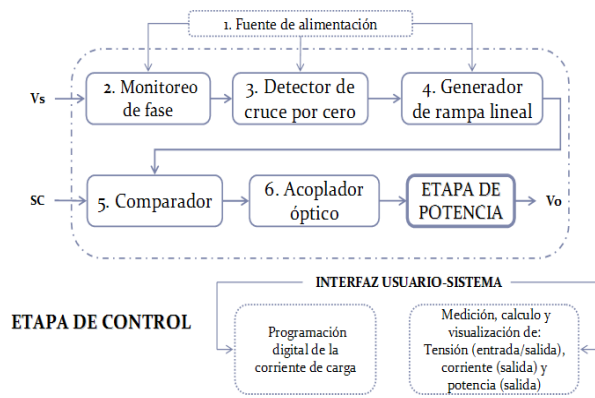


Figura 3. Diagrama de bloques etapa de control

## 6. ETAPA DE DISPARO Y BLOQUEO

Para este proyecto el manejo de potencia, implica tener consideraciones de seguridad eléctrica para los operarios y de protección para el sistema digital o de control [5] [6] [8].

Es deseable que la interconexión entre la etapa de potencia y la etapa de control se haga por un medio de acoplamiento que permita aislar eléctricamente los dos sistemas y para esto se suele utilizar circuitos acoplados magnética u ópticamente, para este fin se implementaron optotriacs.

Estos sistemas en conjunto con las señales PWM generadas en la etapa de control y un sistema de demultiplexación (1 a 2), disparan la compuerta de los tiristores que conforman la etapa de potencia (variando el ángulo de disparo), cada semiciclo de la señal de alimentación CA, con el fin de controlar el valor medio de la tensión y corriente en la carga.

## 7. SISTEMA DE PROTECCIÓN

Por último, se adiciona esta etapa debido a la importancia que tiene para la seguridad del usuario y el buen funcionamiento del convertidor de potencia.

Hasta a los circuitos cuidadosamente diseñados, pueden ocurrir situaciones de falla debido a un corto circuito, que da como resultado un flujo excesivo de corriente a través de los dis-

positivos. El calor producido por las pérdidas en un dispositivo semiconductor debe disiparse en forma suficiente, a fin que este opere por debajo de su límite superior de temperatura. Las pérdidas de potencia ocasionadas por una mala conmutación, deben solucionarse con circuitos de excitación adecuados [5] [6] [7] [8].

Para la operación confiable del convertidor es necesario asegurar que en ningún momento las condiciones del circuito excedan las especificaciones de los dispositivos de potencia, mediante la adición de protecciones contra sobre voltajes, sobre corrientes y sobrecalentamiento y pérdidas de potencia por mala conmutación [5] [7].

## 8. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en cada una de las etapas implementadas y descritas en numerales anteriores para el desarrollo del Banco de carga monofásico se muestran en la figura 4, figura 5, figura 6 y figura 7.

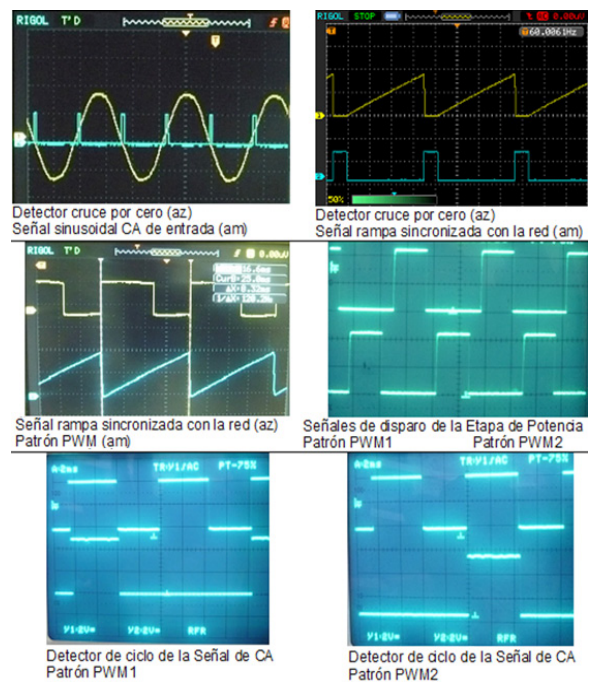


Figura 4. Proceso de generación del patrón PWM (Formas de onda etapa de control)



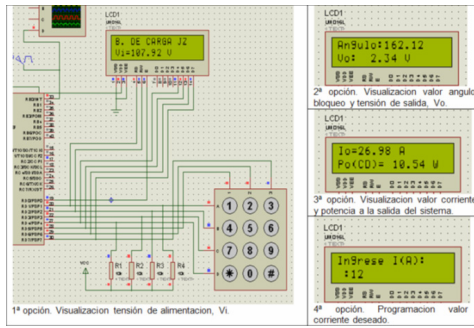


Figura 5. Simulación de la visualización en la etapa de control



Figura 6. Formas de onda de la tensión de salida de la etapa de potencia

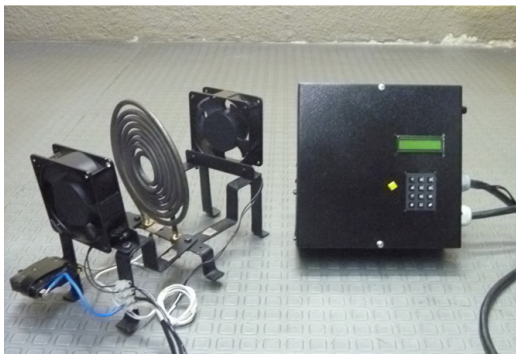


Figura 7. Foto del Banco de carga implementado

## 9. CONCLUSIONES

El valor de tensión y corriente que circulan en el sistema implementado en la Etapa de Potencia dependen del valor del ángulo de conducción. La potencia entregada y la potencia consumida dependen también de este valor, concluyendo a partir de los datos teóricos calculados y los valores prácticos medidos, que cuanto mayor sea el valor del ángulo de conducción, mayor es la potencia que tendremos a la salida del convertidor de potencia.

Es importante tener en cuenta que debido a que existen redes de tensión y corriente diferentes, fue necesario aislar la tierra de la etapa de potencia y la tierra de la etapa de control, por medio de opto acopladores.

Al evaluar la operación en estado estable del equipo, en lo que se refiere a voltaje y corriente de salida de la etapa de Potencia, se comprueba el cumplimiento de las condiciones de diseño; puede entregar una corriente variable a la orden de un valor programado previamente hasta aproximadamente 18 A, en forma permanente.

El banco de carga implementado tiene un menor costo, con respecto a los que comúnmente se encuentran en el mercado, considerando además las ventajas que este ofrece, podría ser una buena competencia en el mercado.

## Referencias Bibliográficas

- [1] E. Bettega, J. Fiorina; Rectificadores y compensadores activos, Publicación técnica schneider No. 183, pp 08-12, 2000.
- [2] E. Téllez; Distorsión armónica, Publicación técnica AP&C (Programa de Ahorro de Energía), 2004.
- [3] Prodigit Electronics; Application notes. [En línea], consultado en Diciembre 19 de 2012, disponible en: <http://www.prodigit.com/index.php?lang=en&op=faq&id2=1>.
- [4] Power electronics test solution. [En línea], consultado en Marzo 3 de 2013, disponible en: <http://www.chromaate.com/product/list.aspx?gid=594>.
- [5] R. Muhammad; Electrónica de potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones. Segunda Edición., Editorial McGraw Hill, pp 79-80, 1995.
- [6] W. Hart; Electrónica de Potencia. Editorial Pearson Educación S.A, pp 120-125, 2001.
- [7] J. Benavent; Electrónica de potencia: teoría y aplicaciones, 1999.
- [8] M. Luzuriaga; Construcción de módulos didácticos de convertidores AC/DC para el aprendizaje práctico de los estudiantes de la carrera de ingeniería de la universidad tecnológica equinoccial, Universidad Tecnológica Equinoccial, pp 25-26, 2010
- [9] Reporte de Prácticas y simulaciones. [En línea], consultado en Abril 12 de 2013, disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos12/repract/repract.shtml>.
- [10] H. Muhammad; Circuitos microelectrónicos: análisis y diseño. México: Editorial Thomson, México, p.p 54-55, 2009.