

**DESIGN OF A PROTOTYPE OF SOURCE OF PULSATING POWER FOR  
GALVANOPLASTY PROCESSES****DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE FUENTE DE POTENCIA PULSANTE PARA  
PROCESOS DE GALVANOPLASTIA**

**Dr. Enrique Vera López, Ing. Henry Montaña Quintero  
Ricardo Ladino Pedraza, Lucio Leonel Torres Riveros**

*Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*  
*Grupo de Investigación en Procesamiento de Señales DSP*  
*Grupo de Investigación en Superficies Electroquímica y Corrosión GSEC*  
*evera@tunja.uptc.edu.co, hmontana@uptc.edu.co, richila77@msn.com*  
*lucioleonel@yahoo.com*  
*Sogamoso*

**Abstract:** The process of galvanizing uses techniques like the application of pulsating current. This incorporation is an objective of the project called, "*Adaptación de la tecnología de corriente pulsante inversa para el mejoramiento del proceso de galvanoplastia en la empresa Fantaxia Ltda*". In order to develop the project it is necessary the design and implement a prototype of source. It is due to it is necessary to give the required signal in the load: alternating voltage (30 volts peak), current (1000 amperes in the load) and time (hundreds of milliseconds until the seconds).

**Resumen:** El proceso de galvanizado emplea técnicas como la aplicación de corriente pulsante, la incorporación de esta es un objetivo del proyecto, "*adaptación de la tecnología de corriente pulsante inversa para el mejoramiento del proceso de galvanoplastia en la empresa Fantaxia Ltda.*" Para su desarrollo se hace necesario el diseño e implementación de un prototipo de fuente que pueda entregar la señal requerida en la carga: voltaje alterno (30 voltios pico), corriente (1000 amperios en la carga) y tiempo (cientos de milisegundos hasta los segundos).

**Key words:** signal, galvanoplasty, voltage, Power, control, gain of current, protections, sensors.

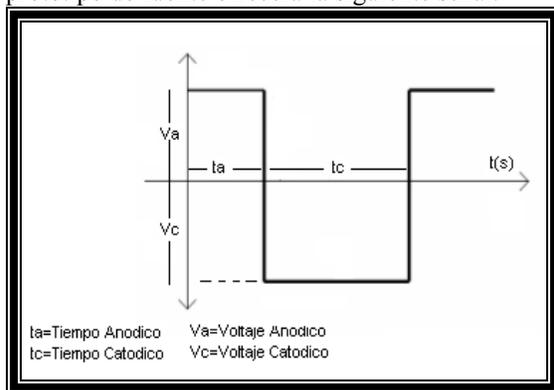
## 1. INTRODUCCION

Los recubrimientos metálicos de plata y cobre tienen sus inicios con la fabricación de estatuas desde hace más de

obtiene descomponiendo por medio de la corriente eléctrica una solución salina que contiene el metal a depositar. Era básico disponer de una fuente de energía eléctrica suficiente para movilizar galvánicamente grandes masas de metal, y obtener esta fuente fue el resultado de una labor de muchos físicos durante sesenta años, iniciada por Galvani en 1780.

e 200 años. En ambos casos, el depósito metálico se

La galvanización consiste en el recubrimiento de un objeto con una capa delgada de metal mediante electrolisis; La técnica convencional consiste en entregar un potencial eléctrico fijo donde la carga esta conectada al polo negativo y sumergida dentro de una solución con carga positiva que contiene el metal a depositar, el potencial eléctrico se da a través de una fuente que consta básicamente de una etapa de ganancia de corriente y reducción de voltaje y una etapa de rectificación por medio de diodos. Otra técnica se fundamenta en la aplicación de corriente pulsante, la incorporación de esta técnica es uno de los objetivos del Grupo de Investigación en Superficies, Electroquímica y Corrosión (GSEC) de la escuela de Física, con el proyecto de investigación aprobado por colciencias denominado “*adaptación de la tecnología de corriente pulsante inversa para el mejoramiento del proceso de galvanoplastia en la empresa Fantaxia Ltda.*” Para el desarrollo de esta técnica experimental se hace necesario el diseño e implementación de un prototipo de fuente que ofrezca este tipo de señales, cumpliendo con los requerimientos de voltaje alterno (30 voltios pico), corriente (1000 amperios en la carga) y tiempo (desde los cientos de milisegundos hasta los segundos por periodo) solicitados, es así como el Grupo de Investigación en Procesamiento de Señales (DSP) presentan el proyecto “*Diseño e Implementación de un Prototipo de Fuente de Potencia Pulsante Para Procesos de Galvanoplastia*” El prototipo de fuente ofrecerá la siguiente señal.



## 2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La realización de una fuente pulsante que soporte niveles de corriente hasta de 1000 amperios y un voltaje de 30 voltios pico brindara la gama necesaria de señales para la experimentación del grupo de Investigación GSEC de la escuela de Física de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia que busca mejorar y optimizar los procesos de galvanización en la empresa

FANTAXIA de la ciudad de Bucaramanga.

La fabricación de maquinas de estas características ofrece la posibilidad a los estudiantes de la escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia seccional Sogamoso de apropiarse y aplicar conocimientos en el área de potencia, como es el caso de la rectificación utilizando transformadores multifásicos y además experimentar en el diseño y ensamble de estos instrumentos ya que en la escuela nunca se han manejado corrientes de esta magnitud y menos con semiconductores.

Una fuente con las especificaciones que se obtendrán tiene una variedad de aplicaciones ya que se puede utilizar como variador de frecuencia para controlar la velocidad de un motor AC, para controlar la velocidad y dirección en el giro de un motor DC y en procesos de fundición. Una fuente como la que se implementara es en realidad un generador de señales de alta potencia (En un rango limitado de frecuencias) con todas las aplicaciones que una maquina como esta tiene.

Por lo tanto la fuente a implementar tendrá como valor agregado a las fuentes existentes en el comercio el hecho de entregar en la carga una señal de corriente continua de tipo pulsante.

## 3. PLANTA

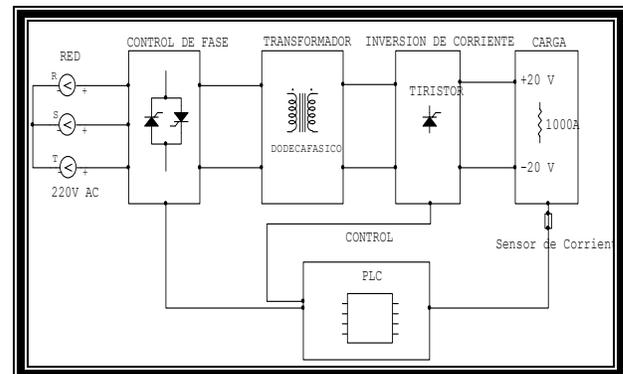


Fig. 2.: Diagrama de bloques de la planta.

El diseño consta de un bloque de entrada de voltaje RMS a través de SCR.s para tener control del voltaje en la carga; después viene un transformador dodecafásico encargado de reducir voltaje, elevar corriente y eliminar gran parte de los armónicos generados en la conmutación de los SCR's el siguiente bloque es el encargado de hacer la conmutación o el cambio de polaridad y finalmente un bloque de control de polaridad, nivel rms y frecuencia (Controlado por un PLC Program Logic Controller)

### 3.1. Bloque 1, Voltaje de entrada RMS

Este bloque es constituido por una entrada de voltaje rms que puede variar a través del disparo de SCR,s de potencia en contrafase, dependiendo de el voltaje que requiera la carga o que establezca el usuario se dará mayor o menor voltaje a la entrada del transformador ( bloque 2 ), esta acción la realizaran, circuitos drivers que son los actuadores por medio de una orden del PLC ( bloque 5 ).

El bloque lo constituyen seis SCR,s dos por fase de entrada con sus respectivos circuitos controladores de fase, utilizando el integrado TCA 785 el cual tiene todos los elementos necesarios para realizar un corte de fase desde 0 hasta 180°.

### 3.2. Bloque 2, Transformador Dodecafásico

Es el encargado de bajar la tensión y elevar corriente, tiene tres entradas desfasadas 120 grados una de la otra y doce (12) salidas desfasadas 30 grados una de la otra, lo que nos garantiza que al rectificar obtengamos una onda de salida con muy poco rizo, es uno de los avances de este diseño con respecto al diseño clásico de las fuentes para galvanización, esto nos evita manejar filtros de gran capacitancia, además nos da la posibilidad de manejar corrientes mas elevadas debido a que podemos manejar mayor cantidad de tiristores a menores corrientes de saturación y debido al diseño especial se controlan armónicos en la entrada y salida del transformador.

Este transformador ya se tiene construido y probado, su construcción se hizo en convenio con la empresa privada y se consolido como un avance para dicha empresa ya que en el país no se había elaborado un transformador con estas características.

En la figura 3. Se muestra el diagrama fasorial y de partición de bobinas del transformador.

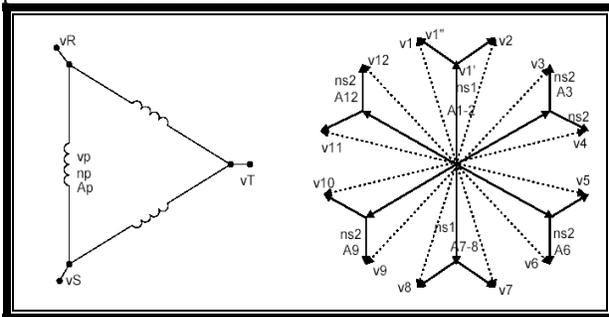


Fig. 3: Diagrama Fasorial.

### 3.3. Bloque 3, Control de Polaridad y Frecuencia

A la salida del transformador se tiene un voltaje específico máximo 30V según el diseño, pero se requiere un voltaje pulsante con un tiempo anódico variable y un

tiempo catódico variable, lo que se logra controlando el disparo de triacs dependiendo de la polaridad y el tiempo de duración del pulso requeridos. Para cada fase de salida del transformador se necesita un triac. Con el sistema de triacs en el secundario se evita utilizar un circuito de conmutación que requeriría elementos de potencia (Transistores, IGBT's o GTO's a una corriente de 1000A). Gracias a este diseño se logra disminuir el costo total del rectificador incluyendo la etapa de inversión de pulso, además se logra dicha inversión con dispositivos de 150 amperios, con lo cual en el momento de una avería en uno de ellos el costo de mantenimiento y reparación es bajo, a esto se suma el funcionamiento del equipo sin uno o varios de estos dispositivos.

### 3.4. Bloque 4. Carga

En este bloque esta la carga que es lo que se va a alimentar con el voltaje obtenido, dependiendo del número de piezas incorporadas en la solución habrá mayor o menor circulación de corriente, manteniendo el voltaje constante, cabe anotar que la carga a manejar por el equipo de rectificación e inversión es del orden de 0.001 ohms

### 3.5. Bloque 5. Control

El bloque de control es el encargado mediante actuadores de variar el voltaje RMS cambiando el ángulo de disparo de los SCR,s a la entrada del transformador y dependiendo del nivel de voltaje (voltaje anódico y voltaje catódico), tiempo anódico y el tiempo catódico requerido por el usuario o por la carga, controlara el disparo de los Triacs a la salida del transformador en el secundario, también es el encargado de prevenir fallas o detectarlas, activando sistemas de protección. Este control se realizara incorporando un PLC, por su robustez y resistencia al ruido y a condiciones difíciles que se presentan en la industria.

El prototipo de fuente tendrá las siguientes características técnicas.

Voltaje de entrada:	220 Vrms trifásico
Corriente máxima de entrada a plena carga:	120 A ac
Voltaje de salida:	-30 a 30 V dc
Corriente de salida máxima a plena carga:	1000 A dc
Voltaje anódico:	0 a 30 V dc
Voltaje catódico:	0 a -30 V dc
Tiempo Anódico	El requerido
Tiempo Catódico	El requerido

Para este diseño se obtuvieron simulaciones bajo el paquete CircuitMaker, estas simulaciones mostraran la

respuesta de los transformadores trifásico, hexafásico y dodecafásico a una señal trifásica. Estas simulaciones se realizaron con el fin de analizar las diferentes señales que presentan los tres tipos de transformadores.

Observamos de la figura 4 las señales entregadas por un transformador trifásico (señal desfasada  $120^\circ$ ), un transformador hexafásico (señal desfasada  $60^\circ$ ) y un transformador dodecafásico (señal desfasada  $30^\circ$ ).

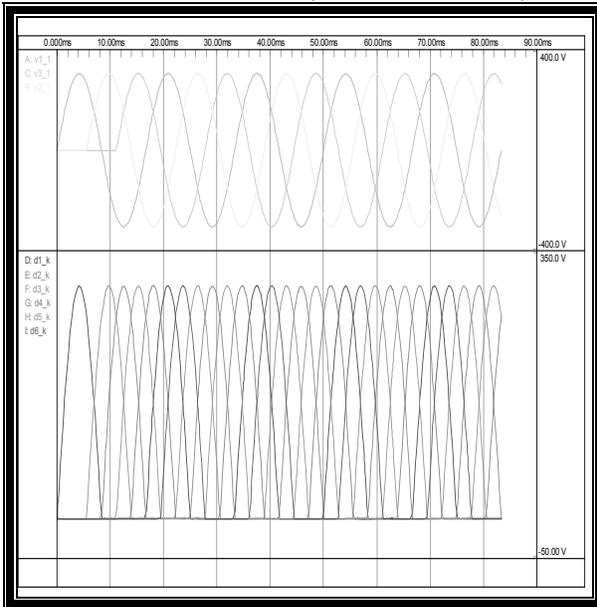


Fig.4: Salida trifásica-salida hexafásica.

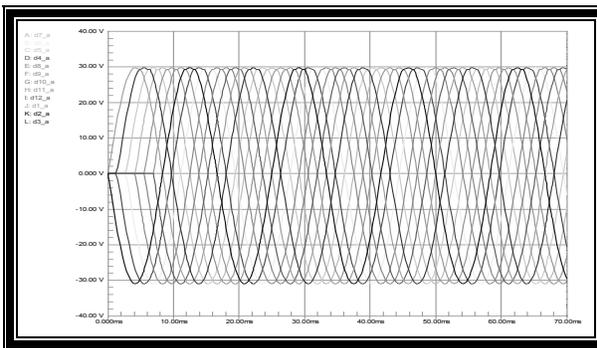


Fig. 5: Salida dodecafásica.

Además del análisis hecho a las salidas de los transformadores, se realizaron simulaciones con el fin de observar las señales de corriente y voltaje de los transformadores hexafásico y dodecafásico en la carga.

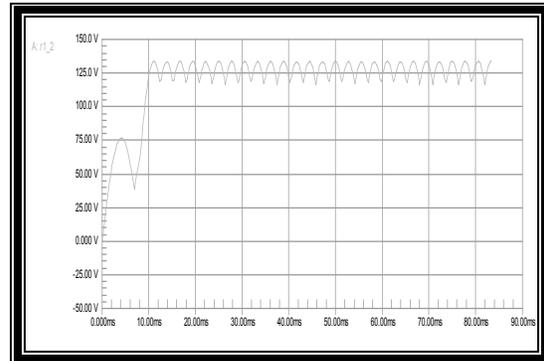


Fig. 6. Voltaje de salida de un rectificador hexafásico

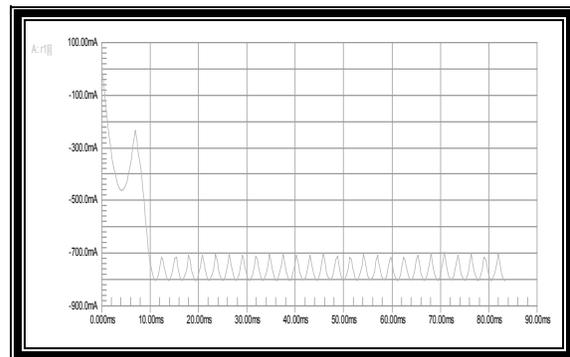


Fig. 7: Corriente de salida de un rectificador hexafásico.

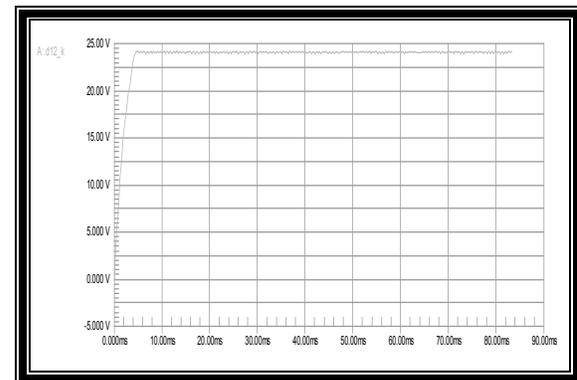


Fig. 8: Señal del voltaje de salida de un rectificador dodecafásico

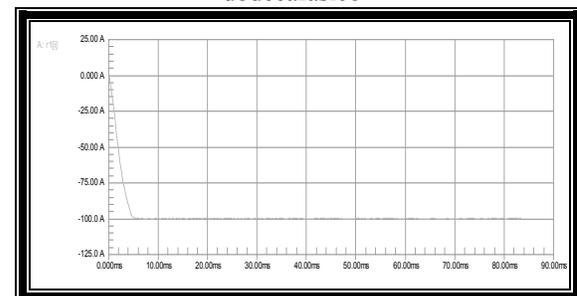


Fig. 9: Señal de la corriente de salida de un rectificador dodecafásico

rectificador dodecafásico.

Como se puede ver en las graficas la señal tanto de voltaje como de corriente de un rectificador dodecafásico presenta mucho menor rizo que un rectificador hexafásico.

De acuerdo a los resultados obtenidos se opto por la fabricación del transformador dodecafásico. Las siguientes son fotografías del transformador construido.



Fig. 10 :Devanado Primario.

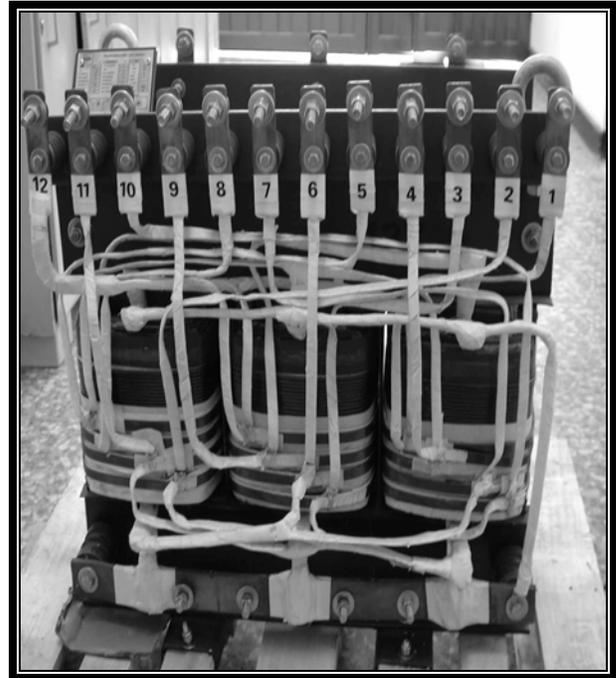


Fig. 11: Devanado Secundario (Salidas dodecafásicas).

#### 4. PROYECCIONES

La fuente ofrecerá un amplio rango de señales requeridas en los procesos de experimentación en la industria de galvanizado. Asimismo este tipo de fuente podría tener varias aplicaciones como un generador de señales de potencia o como un variador de velocidad para motores. Además el diseño puede servir como soporte teórico para cursos de electrónica de potencia, instrumentación, maquinas eléctricas y control.

#### 5. LIMITACIONES

Uno de las limitaciones es el rango en frecuencia ya que por la conmutación natural de los tiristores no se pueden obtener en la carga frecuencias superiores a las que impone las señales mismas, debido a que si se activa un tiristor debo esperar hasta que se desactive naturalmente, junto con los otros tiristores que están activos cuando active el ultimo, en potencia no se puede exigir mas de 40

KVA que es la especificación del transformador y porque los tiristores están diseñados para corrientes específicas de esa potencia tanto en el lado primario como en el secundario del transformador.

## 6. CONCLUSIONES

1. Una maquina como la diseñada cumple con las funciones de un generador de ondas de potencia, capacitado para entregar la corriente y el voltaje requerido es decir es programable.
2. La utilización de un transformador dodecafásico garantiza en la carga una señal con menor rizo, lo que evita el uso de filtros de gran capacitancia y elimina gran cantidad de armónicos.
3. Los PLC son ideales para el control en ambientes de industria contaminados como es el caso de la industria de galvanizado por su robustez y protecciones contra ruido.
4. La apropiación del conocimiento es fundamental para el desarrollo de la investigación en las universidades y la industria porque en el país se pueden diseñar y construir las maquinas que se necesitan ahorrando dinero y generando empleo.
5. Con la unión entre la empresa privada y la academia se logra el desarrollo de grandes proyectos como es el caso de la fuente de potencia pulsante.

## REFERENCIAS

- BERGTOLD, Fritz. Triac y tiristores. Editorial CEAC, Barcelona: 1987
- BOYLESTAD, Robert L. Electrónica: Teoría de circuitos. Editorial Prentice Hall, México, 1997.
- GUALDA GIL, Juan Andrés. Electrónica industrial: técnicas de potencia. Editorial Marcombo, Barcelona: 1995
- PALLAS, Ramón. Sensores y acondicionadores de señal Editorial ALFAOMEGA, México, 2002.
- RASHID, Mahamad H. Electrónica de potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones. Editorial Prentice Hall, México: 1995