

## FUENTE ININTERRUMPIDA DE TENSIÓN PARA EQUIPOS MÉDICOS PORTÁTILES

**Toranzos Victor<sup>1\*</sup>, Lombardero Oscar G.<sup>2</sup>, Cáceres Manuel<sup>3</sup>, Aquino Carlos de J.<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> *Laboratorio de Ingeniería en Rehabilitación/Departamento de Ingeniería, FACENA UNNE, 9 de julio 1449. Corrientes.*

*\*victoranzos@gmail.com*

### Resumen

La necesidad de contar con una fuente de alimentación ininterrumpida para un respirador artificial de un paciente que sufre parálisis medular espinal, inspiró al grupo que conforma el LABIER (Laboratorio de Ingeniería en Rehabilitación) el diseño e implementación de un dispositivo que verifique las especificaciones de alimentación requeridas por un respirador comercial con una autonomía mínima de una hora. Teniendo como fuente primaria una batería de 12V 7Ah se obtuvo una tensión de salida de 220V 50 Hz a través de un transformador con núcleo de hierro de baja potencia. El equipo cuenta con un módulo PWM basado en el TL494 como oscilador de 50Hz y los drivers correspondientes, y puede estar conectado tanto a la red domiciliaria como a la batería de un automóvil, lo que permite mantener la carga de la batería interna aumentando de esta forma las características de portabilidad del sistema. Se han realizado diversos ensayos sobre el prototipo a los efectos de caracterizar su funcionamiento mediante curvas de eficiencia y regulación con distintas cargas resistivas e inductivas, obteniéndose una eficiencia mayor al 80% en todos los casos. Este equipo se halla actualmente en fase de experimentación, y a la fecha, ha demostrado que cumple con los requerimientos de confiabilidad y autonomía necesarios para equipos médicos portátiles.

**Palabras clave: soporte de vida; UPS; autónomo**

### Introducción

La mayoría de los sistemas que requieren del suministro de energía eléctrica (electrodomésticos, artefactos de iluminación, equipos, herramientas eléctricas, etc.) son diseñados para recibir alimentación desde la red de corriente alterna en baja tensión (220V, 50Hz). La falta eventual de suministro de energía o la necesidad de portabilidad de un equipo, requiere de una generación de energía eléctrica en 220 V de corriente alterna a partir de la quema de combustible en un motogenerador o de la conversión estática de energía eléctrica desde un acumulador. Si el sistema debe entrar en servicio de forma instantánea la segunda opción resulta adecuada ya que los mecanismos empleados para su implementación permiten una rápida transferencia de la carga a la fuente auxiliar. Este concepto es el que rige a los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) empleados comúnmente como backup energético para equipos de informática. Los convertidores estáticos a batería resultan útiles también cuando se requiere alimentación de 220 V en un vehículo y la potencia no supera por lo general los 500 W. Estos convertidores reciben el nombre de inversores u onduladores y cumplen la función de convertir las señales de continua disponibles en un acumulador o batería, a señales de alterna, que pueden ser modificadas en magnitud empleando transformadores convencionales.

Por otra parte, las dimensiones y peso del transformador a emplear dependen de la potencia y de la frecuencia a la cual va a trabajar. Si se utilizan frecuencias mayores a la de la red domiciliaria (50Hz), el transformador a emplear es notablemente menor, ventaja que acarrea como contrapartida un aumento en la complejidad de las diferentes etapas del inversor dado que una vez elevada la señal de tensión debe rectificarse y ondularse nuevamente en 50 Hz para su utilización como señal de alimentación.

Si bien hace ya tiempo que el desarrollo de inversores es tema de estudio y es posible encontrar una amplia variedad de equipos comerciales, existen aplicaciones específicas en las que los convertidores que se encuentran disponibles en el mercado no logran cubrir todas las necesidades. Un ejemplo de esto es el caso en el que se requiere alimentar equipos de soporte de vida para uso ambulatorio (como es el caso de respiradores). Este suministro de energía debe provenir de diferentes fuentes de energía (red domiciliaria, batería de un automóvil, etc.) considerando también la posibilidad de poseer alimentación ininterrumpida en caso de falla en la fuente convencional. Por otro lado este sistema de gestión de energía, debe ser portable y de alta confiabilidad.

Buscando solucionar el problema planteado cubriendo los requerimientos citados impuestos, se diseñó un inversor de simple conversión para reducir la complejidad del equipo y por lo tanto asegurar su fiabilidad. Por otro lado se fijó la tensión de entrada del inversor en 12 V, lo que permite su uso con la batería de un automóvil y de manera autónoma con un acumulador de plomo-gel. La Figura 1 presenta un diagrama de bloques del sistema de gestión de energía.

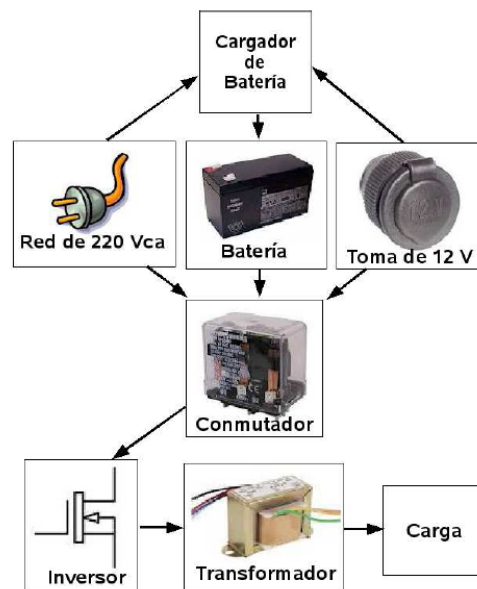


Figura 1: Diagrama de bloques del sistema de gestión de energía desarrollado.

En este artículo se presenta el desarrollo del equipo citado, así como los ensayos de caracterización de sus etapas componentes.

## Materiales y Métodos

El diseño del inversor se realizó en torno al circuito integrado (CI) TL494 de uso muy frecuente en fuentes conmutadas para computadoras personales. Este integrado (Figura 2) consta de un oscilador RC que suministra una salida triangular a un comparador que conforma una señal de modulación de ancho de pulso (PWM). Un biestable funcionando en modo "toggle" permite habilitar alternativamente las salidas del TL494 a través de dos compuertas lógicas AND a las que llega simultáneamente la señal de PWM. La presencia del biestable hace que la frecuencia del oscilador deba ser del doble que la frecuencia de trabajo  $f_T$ , la que puede calcularse de manera aproximada como  $f_T = 0,6/RC$ .

Este CI fue concebido para su empleo en sistemas de conversión cuyas frecuencias de conmutación oscilan alrededor de las decenas de KHz. Sin embargo, cuando los requerimientos del proyecto lo permiten, es posible emplearlo en bajas frecuencias (decenas de Hz). Por otra parte, el TL494, fue

diseñado para excitar transistores bipolares pero puede conmutar transistores de efecto campo tipo MOSFETs si se realizan pequeñas modificaciones en el circuito. Este dispositivo provee para ello dos salidas con transistores bipolares de colector y emisor abierto, lo que permite una gran flexibilidad en la manera de excitar la etapa de potencia.

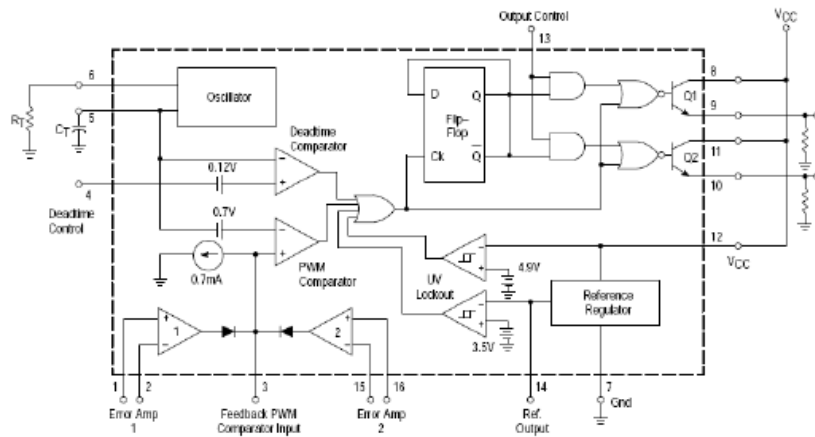


Figura 2: Esquema de circuito interno del CI TL494

La etapa de potencia del inversor desarrollado esta constituida por dos transistores MOSFET modelo IRF1405 que actúan en configuración "push-pull" sobre un transformador elevador con punto medio. Para excitarlos se configuraron las salidas del TL494 como seguidores de emisor a los efectos de proporcionar así la polarización y fase correcta requeridas para la conversión. La frecuencia de operación se fijó en 50 Hz empleando los valores comerciales de  $R = 120K$  y  $C = 0,1\mu F$ .

El transformador se dimensionó para 200 W con una relación de transformación de 27 veces. Para lograr una regulación adecuada de la tensión de salida se implementó una realimentación aislada desde los 220 V mediante un opto-acoplador con salida a transistor que modifica el PWM manteniendo la tensión de salida dentro de los límites aceptados ( $\pm 10\%$ ). La Figura 3a muestra el diagrama circuital de la etapa de potencia desarrollada y la figura 3b muestra el diagrama de la etapa de control, ambas desarrolladas siguiendo los lineamientos antes nombrados.

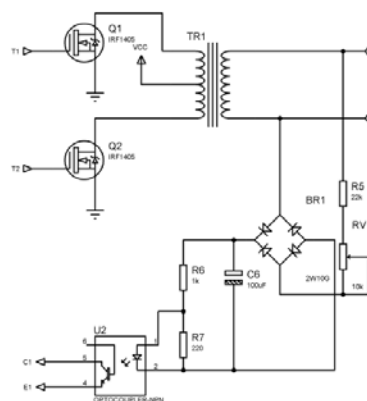


Figura 3a: Circuito desarrollado para la etapa de potencia

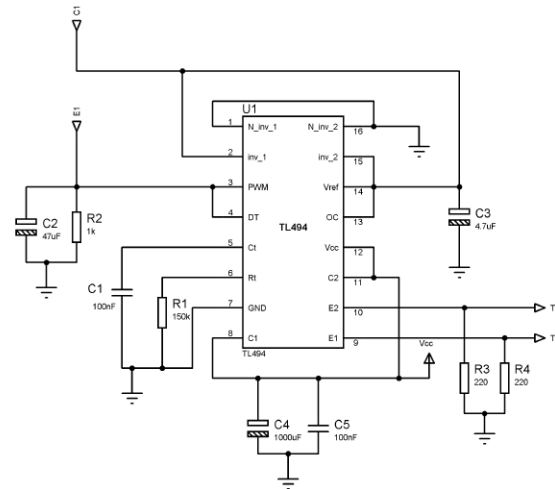


Figura 3b: Diagrama de la etapa de control.

El equipo desarrollado fue caracterizado a partir de parámetros eléctricos de funcionamiento. Para ello se realizaron ensayos con diferentes transformadores y para distintas condiciones de carga a los efectos de adquirir las curvas de eficiencia y regulación como función de la potencia de salida.

En principio se desarrolló un banco de ensayos que permite, por un lado, suministrar energía a la etapa de potencia desde una fuente estable y variar la carga que se conecta a la salida del sistema y por otro lado, medir la potencia de entrada al convertidor en corriente continua y la potencia aparente entregada a la carga en corriente alternada. Tanto para la medición de la corriente de entrada en continua y de salida en alterna así como para las mediciones de tensión de entrada en continua y de salida en alterna se emplearon multímetros comerciales que proveen una exactitud media de 0.01%. Por otra parte se empleó un osciloscopio de almacenamiento digital para adquirir las formas de onda de la señal de tensión de salida para cada condición de carga.

## Resultados y Discusión

El prototipo se ensayó con diferentes transformadores y bajo distintos estados de carga, obteniéndose la característica de rendimiento y regulación del conjunto (Figura 4 y 5). La curva de regulación se muestra en la Figura 6 donde puede notarse que la regulación no se ve mayormente afectada por el transformador dado que la misma depende principalmente de la realimentación provista por el optoacoplador.

La eficiencia, Figura 5, sin embargo depende fuertemente del transformador utilizado variando para nuestro caso entre el 60 y el 80 %. Si bien el equipo se diseñó para una potencia máxima de 200 W se lo ensayó con cargas mayores a los 300 W (un 30 % de sobrecarga) que se soportaron sin inconvenientes.

La forma de onda es la de una cuasi senoide con un ancho de pulso variable dependiendo de la carga como puede observarse en la Figura 6.

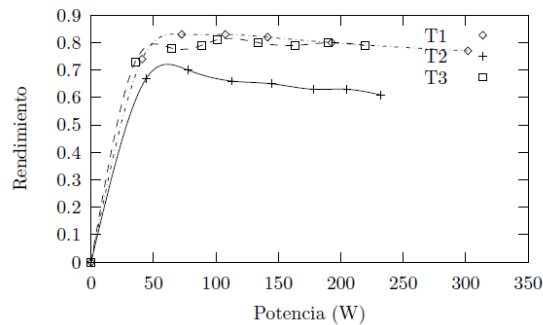


Figura 4: Curvas de Eficiencia para tres transformadores diferentes.

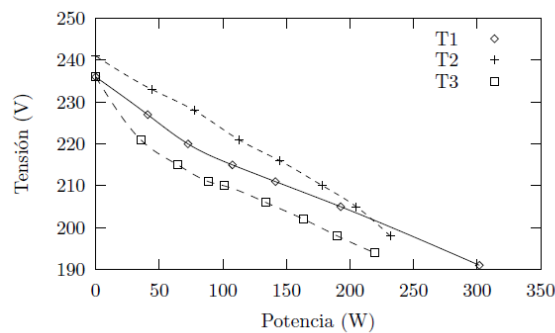


Figura 5: Curvas de regulación para tres transformadores diferentes.

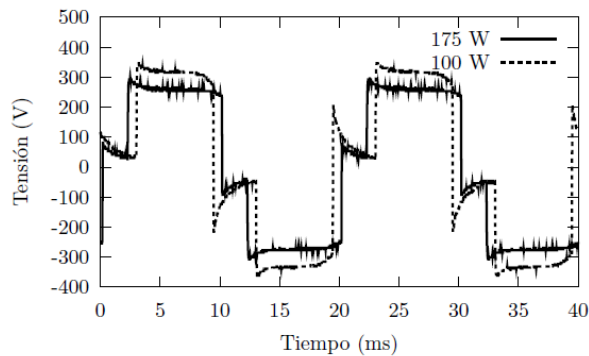


Figura 6: Forma de onda generada para dos estados de carga diferentes

## Conclusiones

Los ensayos de eficiencia y regulación del inversor desarrollado mostraron un excelente desempeño para el uso propuesto, que junto a la simplicidad del circuito y consecuente fiabilidad del conjunto hacen de este equipo un complemento adecuado para un equipo de soporte de vida. Por supuesto su uso no está limitado a esta aplicación y puede utilizarse en otras donde se requiera 220 V de corriente alterna y potencias reducidas. Para potencias mayores el tamaño y peso del transformador limitan su practicidad.

El prototipo se diseñó para alimentar un respirador pediátrico con una potencia máxima de 200 W y una media de 60 W. Se incorporó al equipo una batería de 12 V 7 Ah que de acuerdo a la

eficiencia obtenida debería brindar una autonomía de una hora suficiente para alimentar el equipo cuando se encuentra fuera del domicilio o de un automóvil.

## Referencias

- 1) MOTOROLA (1996). Switchmode Pulse Width Modulation Control Circuit TL494 Datasheet. Motorola Inc. pp. 1-12
- 2) TEXAS INSTRUMENTS (1999). Power Supply Control Products. Texas Instruments Inc. USA. pp. 281-289.
- 3) IEEE 602-1996 (1996). Electric Systems in Health Care Facilities. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. pp. 189-193.
- 4) RAMSHAW, R (1977). Electronica de Potencia. Marcombo, Barcelona, España. pp. 231-246.
- 5) RCA (1967). Silicon Power Circuits Manual. Technical Series SP-50. USA. pp. 147-186.