

Sistema de Gestión e Integración para una UPS Monofásica System of Management and Integration for a Single Phase UPS

Janeth Alcalá- Rodríguez^a, Israel Yopez^b, Jorge Gudiño-Lau^c Saida Charre-Ibarra^c, Daniel Vélez-Díaz^d

Abstract:

This article proposes the design and implementation of a single-phase line-interactive UPS (Uninterruptible Power Supply). The proposed system integrates a monitoring and control stage searching for a better performance of conventional UPS's. Also, an algorithm to improve the charge process is proposed. The available charge of the battery can be monitored through the Internet. Moreover, an application is developed to monitor the level of charge through a mobile phone. The proposal seeks to prolong the useful life and quality of the batteries by avoiding the fast charging process, as well as improving the technological performance of the UPS. The proposed is validated using a single-phase line-interactive UPS prototype of 300 VA.

Keywords:

Uninterruptible Power Supply, battery charger, intelligent monitoring and control

Resumen:

En este artículo se propone el diseño y la implementación de un sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS por sus siglas en inglés *Uninterruptible Power Supply*) en línea interactiva monofásica. El sistema propuesto integra una etapa de monitoreo y control que busca mejorar el rendimiento de una UPS convencional. Además, se propone un algoritmo para mejorar el proceso de carga. El nivel de carga de la batería se puede monitorear a través de Internet, también se desarrolla una aplicación para monitorear el nivel de carga a través de un teléfono móvil. La propuesta busca prolongar la vida útil y la calidad de las baterías al evitar el proceso de carga rápida, así como mejorar el desempeño tecnológico de la UPS y para validar la propuesta se construye un prototipo que puede operar hasta 300 VA

Palabras Clave:

Sistema de alimentación ininterrumpida, cargador de baterías, monitoreo y control

Introducción

En el quehacer de la vida cotidiana de los sectores residencial, comercial e industrial existe una gran cantidad de equipos y dispositivos electrónicos que se alimentan por una señal de corriente alterna (CA) para aplicaciones tan variadas como equipos informáticos, de gestión económica, administrativa, de seguridad, de la salud, de movilidad vehicular-área, entre muchas otras.

Se puede decir básicamente que la mayoría de las actividades que se realizan día a día se pueden desarrollar con mayor facilidad o rapidez gracias a los avances tecnología. No obstante es importante considerar que todos estos dispositivos y aplicaciones requieren del suministro eléctrico para poder desarrollar sus funciones y además se necesita que este sea permanente y estable a fin de garantizar su correcto funcionamiento.

^a Autor de Correspondencia, Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Electromecánica. Email: janethalcala@uocol.mx

^b Alumno del Programa Educativo en Ingeniería en Tecnologías Electrónicas, Universidad Colima, de la Facultad de Ingeniería Electromecánica. Email: iyopez@uocol.mx

^c Profesor Investigador, Universidad de Colima, de la Facultad de Ingeniería Electromecánica. Jorge Gudiño Lau jglau@uocol.mx Saida Charre scharre@uocol.mx

^d Profesor Investigador, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Tlahuelilpan. daniel@uaeh.edu.mx

Desde el punto de vista eléctrico, una situación ideal de suministro es aquella en la que la tensión que se entrega al usuario final se mantiene constante, con forma de onda sinusoidal, invariante y de impedancia nula (es decir, que no genera pérdidas por disipación de energía). Sin embargo, debido a una gran diversidad de factores, la tensión entregada al consumidor sufre deformaciones que pueden ser en amplitud, en frecuencia o incluso ambas y a estas deformaciones se les conocen como *perturbaciones*. Existen diversos factores que originan la aparición de perturbaciones en el sistema eléctrico y se les suele clasificar considerando su duración como perturbaciones transitorias y permanentes. Son muchos los factores que originan la aparición de las perturbaciones no obstante de manera generalizada las perturbaciones transitorias suelen asociarse a maniobras de desconexión de cargas del tipo inductivas, apertura de interruptores y descargas atmosféricas (Arriola, 1989). Por otro lado, las perturbaciones permanentes o también conocidas como estacionarias son aquellas que se generan dentro del propio sistema y originan que la forma de onda sinusoidal sufra deformaciones.

Dentro de los lineamientos del suministro eléctrico existen tres parámetros que se consideran de mayor importancia: la continuidad del suministro de energía, la calidad de la forma de onda entregada (forma de onda y amplitud de la tensión/corriente) y el índice de disponibilidad o fiabilidad. Una solución propuesta para contrarrestar el efecto de estos tres factores y que se ha venido utilizando desde hace ya varias décadas son los sistemas de respaldo conocidos como Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS por sus siglas en inglés *Uninterruptable Power Supply*) (Menacho, 2013). En este trabajo de aquí en adelante se utilizará el termino UPS dado que comercial e internacionalmente es el término que mejor se conoce.

En un sentido estricto, de acuerdo a Bekiarov (2002) una UPS, es un equipo que permite mantener o garantizar la calidad y alimentación de la red eléctrica por un periodo finito de tiempo mediante un sistema de almacenamiento en CD (generalmente construido a base de baterías) cuando falla el suministro de la compañía eléctrica, o cuando se produce una anomalía en la red eléctrica (por ejemplo, una sobre tensión o disminución del voltaje) (Aamir et al., 2016). Sirven para proteger por tanto los dispositivos que se tienen conectados y permite mantenerlos en funcionamiento ante cortes breves del suministro eléctrico.

Según su forma de funcionamiento se distinguen tres tipos de UPS: (a) Fuera de línea (*off-line*), (b) línea interactiva (*in-line*) y (c) en línea (*on-line*). En el caso de la UPS fuera de línea, la alimentación de las cargas proviene directamente de la red eléctrica y sólo en caso de que falle el suministro eléctrico, el dispositivo se activa,

como se muestra en la Figura 1. Este tipo de equipos es el más común para proteger computadoras personales. El interruptor de transferencia está programado para seleccionar la entrada de CA como fuente de energía primaria y conmutar al modo de batería/ inversor como fuente de respaldo en caso de que falle la fuente primaria, por lo que el inversor solo se enciende cuando falla la energía. Los principales beneficios que ofrece este diseño son tamaño pequeño y bajo costo (Tsai et al., 1995).

En el caso de la operación de la UPS de línea interactiva el convertidor inversor siempre está conectado a la salida de la UPS; cuando falla la alimentación de entrada, el interruptor de transferencia se abre y el flujo de energía se produce desde la batería hasta la salida. Con el inversor siempre activo y conectado a la salida, este diseño produce transitorios de conmutación reducidos, el esquema generalizado se muestra en la Figura 2. Su uso más común es en la protección de dispositivos en pequeños comercios o empresas, tales como sistemas de cómputo, monitores, servidores, cámaras de seguridad y vídeo grabadores, entre otros (Rasmussen, 2003).

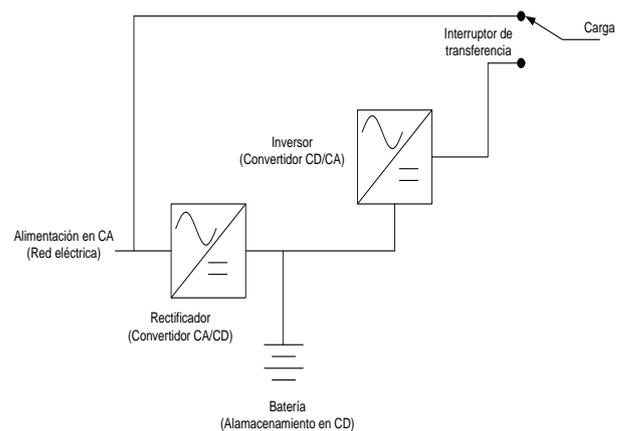


Figura 1. Diagrama a bloques de una UPS fuera de línea

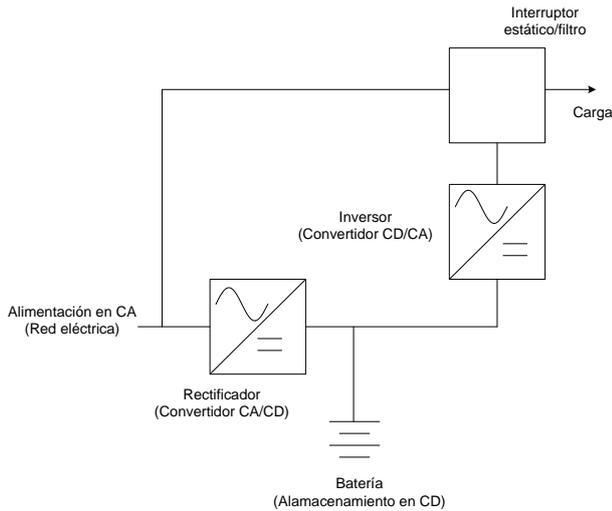


Figura 2. Diagrama a bloques de una UPS de línea interactiva

En cuanto a la UPS en línea, esta genera una tensión y frecuencia de salida independientes de la entrada, se considera la solución más confiable para proteger cargas críticas frente a las perturbaciones que se presentan en la red eléctrica, el esquema generalizado se muestra en la Figura 3. En caso de fallo o anomalía en el suministro los dispositivos protegidos no se ven afectados en ningún momento por retrasos durante lapsos de conmutación. Su principal inconveniente es que las baterías están constantemente trabajando, por lo que deben sustituirse con más frecuencia. Su uso más común es en la protección de dispositivos delicados o de mucho valor en empresas, tales como servidores, sistema de salud, vídeo grabadores, cámaras de seguridad y de manera general todos aquellos equipos o dispositivos en los que la falta de alimentación involucra un factor de riesgo. La regulación de la tensión es una característica importante cuando existen condiciones de baja tensión; sin ella, la UPS transferiría la carga a la batería y, con el tiempo, caería la carga. Este uso más frecuente de la batería puede causar la falla prematura de ese dispositivo. Sin embargo, el inversor también puede diseñarse de forma tal que, aunque falle, permita que la energía fluya desde la entrada de CA a la salida (Stoyan, 2002).

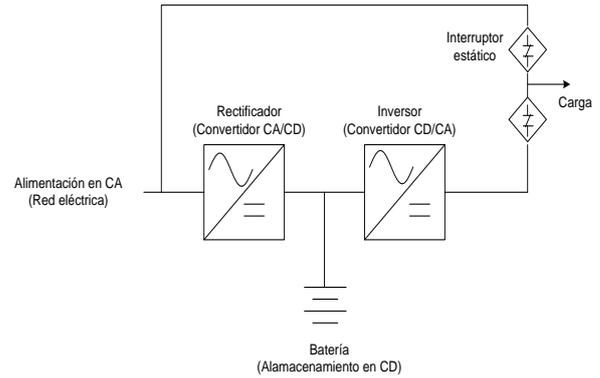


Figura 3. Diagrama a bloques de una UPS en línea

La oferta actual de productos en la industria de sistemas UPS ha evolucionado a lo largo del tiempo y ahora contempla muchos de los diseños descritos. Los diferentes tipos de UPS poseen atributos que los vuelven más o menos adecuados para diferentes aplicaciones y la línea de productos de APC refleja esta diversidad. Varios tipos de UPS son apropiados para diferentes usos, y ninguno de ellos es ideal para todas las aplicaciones. La intención de esta propuesta es ofrecer una solución sencilla pero factible para contrastar las ventajas y desventajas de las diferentes topologías UPS que se encuentran en el mercado en la actualidad. No obstante, la calidad básica de la implementación y la calidad de fabricación suelen ser clave para determinar el rendimiento que en última instancia se logrará en la aplicación del cliente.

Por lo que el presente trabajo se aborda una alternativa para implementar una UPS en línea interactiva de 300 W integrando además un sistema gestor para el monitoreo y control del estado de carga de la UPS. Lo anterior, tiene como objetivo extender la vida útil de la UPS y adecuar un sistema que sea flexible y que permita evaluar el estado operativo de la UPS. Es decir, se diseña un sistema gestor para monitorear la energía disponible de la UPS para alimentar a las cargas. En la propuesta se pronostica el tiempo estimado de operación en tiempo real de la UPS y se muestran las lecturas en una pantalla, así como en un sistema remoto que se puede instalar en cualquier celular, computadora o dispositivo similar. La aplicación diseñada es amigable y fácil de manipular para cualquier usuario.

Descripción del Sistema

En la Figura 4 se muestra un diagrama generalizado a bloques de la propuesta presentada en este trabajo. Para fines descriptivos, la propuesta de este trabajo se clasifica en dos grupos.

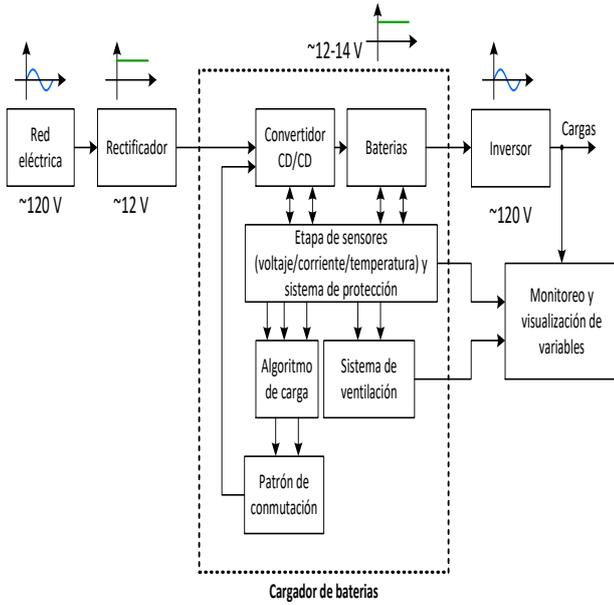


Figura 4. Diagrama a bloques del esquema propuesto para la integración de la UPS

A) Esquema de potencia: esta etapa incluyen un rectificador, un convertidor CD/CD, la etapa de almacenamiento (baterías o acumuladores) y un inversor. El rectificador es el encargado de procesar la entrada de CA y proporcionar una salida en corriente continua (CD) (Hart, 2001). La salida en CD del rectificador se envía a un convertidor CD/CD elevador (*boost*) que será el encargado de regular la salida para mediante el algoritmo de carga realizar mantener en el nivel de CD deseado el estado de las baterías recargables. La salida del sistema de almacenamiento en CD entrega la tensión regulada al inversor, el cual básicamente se encarga de proporcionar una tensión de salida en CA, esta salida será la que se utilizará para alimentar a las cargas eléctricas.

B) En el segundo grupo, se integra la etapa de comunicación y monitoreo: el sistema de comunicación y monitoreo permitirá tener las lecturas en pantalla, un sistema remoto del estado de carga de la batería, incluyendo un sistema auditivo. Así como una etapa que permite enlazar la UPS con un teléfono celular para visualizar mediante una aplicación la disponibilidad temporal del sistema para alimentar a las cargas. La comunicación se logra desde el servidor local vía *bluetooth*®, este servidor local se conecta a un servidor remoto que aloja una página web que permite visualizar en tiempo real nivel de carga de la batería y que además envía la información a un microcontrolador, encargado de concentrar la información de las variables medidas y de enviar la información a la etapa de potencia. De esta manera se ofrece al usuario la posibilidad de monitorear

desde cualquier lugar el estado de carga de la batería o baterías (Alcalá, 2017). Se incluye también una etapa para controlar la velocidad de la ventilación en función de la temperatura interior del dispositivo.

Sistema de Potencia

A continuación se describen los dispositivos utilizados para procesar la energía desde la entrada a la salida y sus principales ecuaciones de diseño.

Rectificador

En esta propuesta el rectificador seleccionado es de onda completa monofásico, ya que proporcionan una ganancia estable a la salida, además de que la potencia y el tipo de carga que se alimentaran serán monofásicas y relativamente de baja potencia. Las ecuaciones de diseño son ampliamente conocidas y pueden ser encontradas en Hart (2001). Para la propuesta se desea que el rectificador proporcione una salida de 12 V, con rizo de tensión del 10%. Las ecuaciones de diseño para calcular los elementos del rectificador son las siguientes:

$$V_p = \frac{V_{CD}\pi}{2} = \frac{(12)\pi}{2} = 18.8495V_p \quad (1)$$

$$V_{RMS} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = \frac{18.8495}{\sqrt{2}} = 13.32V \quad (2)$$

$$R = \frac{V_p^2}{2P} = \frac{(18.8495)^2}{2(30)} = 5.9217\Omega \quad (3)$$

$$I_{Prom} = I_{CD} = \frac{2V_p}{\pi R} = \frac{2(18.8495)}{\pi(5.9217)} = 2.02A \quad (4)$$

$$\Delta V_o = \frac{V_o \% V_p}{2fR} = \frac{(10)(18.8492)}{100} = 1.88V \quad (5)$$

$$C = \frac{V_p}{2fR\Delta V_o} = \frac{18.8495}{2(60)(5.9217)(1.88)} = 14109.58\mu F \quad (6)$$

En donde:

- V_p = Voltaje pico de la señal de entrada
- V_{RMS} = Voltaje eficaz de la señal de entrada
- I_{CD} = Corriente de salida promedio (CD) en la carga
- R = Resistencia de carga
- P = Potencia en la carga
- ΔV_o = Voltaje de rizo
- C = Capacitor

En la **Figura 5** se muestra el diagrama esquemático implementado en la plataforma PSIM® y usado para la simulación y en la **Figura 6** se muestra la forma de onda de la tensión de salida medida en la carga que para fines prácticos se propone como una carga resistiva, se puede observar que el rizo de la tensión de salida oscila entre 11 y 13 Volts, según lo esperado, es decir, se tiene un $\Delta V=1.88V$.

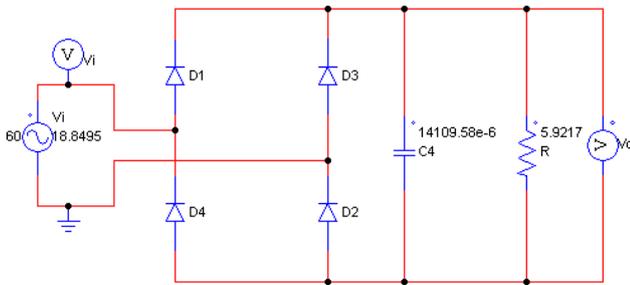


Figura 5. Rectificador de onda completa simulado en plataforma PSIM®

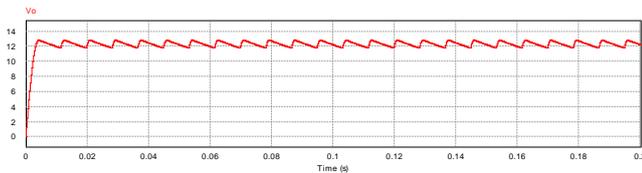


Figura 6. Tensión de salida del rectificador considerando un rizo de tensión del 10% del valor nominal de la tensión de entrada.

Convertidor CD/CD topología elevador

El convertidor CD/CD se encargará de mantener regulada la tensión en las terminales de la batería, el convertidor. Es decir, a partir de la señal de CD entregada por el rectificador y de las señales de monitoreo obtenidos al medir la tensión y corriente en las terminales de la batería, se ejerce una acción de control que se utiliza para modificar el ciclo de trabajo del convertidor, de tal manera que se tenga una señal de salida en CD salida constante

y regulada en terminales del convertidor. La configuración seleccionada para este trabajo es la de un convertidor tipo elevador (o *boost*). Se denomina elevador porque la tensión de salida es mayor puede ser mayor o igual que la de entrada. El convertidor elevador se encuentra ampliamente reportado en la literatura (Mohan et al, 2003). La técnica de conmutación utilizada es la PWM. Para generar la señal de conmutación se compara el nivel de tensión en la batería con el valor deseado (v_o^*) y se genera la señal de error, la cual se envía a un bloque de control tipo proporcional-integral (PI). En la **Figura 7** se muestra el esquema del convertidor reductor.

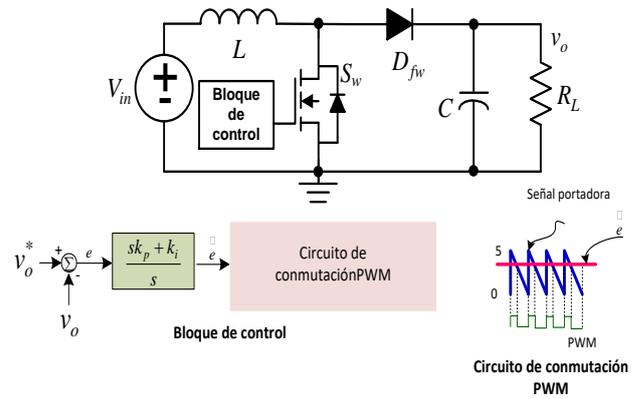


Figura 7. Configuración del convertidor elevador o boost.

Para el convertidor elevador, se desea mantener la salida regulada en 13.5 V a partir de una tensión de entrada de 12V y considerando una carga de 100 Ω con un rizo de tensión $\Delta V_o = 1\%$. Con los datos anteriores, se tiene que:

$$\Delta V_o = 13.5mV \quad (7)$$

$$D = \frac{-V_s}{V_o} + 1 = 0.11 \quad (8)$$

$$C = \frac{V_s D}{\Delta V_o f_{sw} R} + 1 = 9.77 \mu F \quad (9)$$

$$L_{min} = \frac{DR(1 - D^2)}{2f_{sw}} = 435.65 \mu H \quad (10)$$

En la **Figura 8** se muestra el diagrama esquemático implementado en la plataforma PSIM® y usado para simular la operación del convertidor elevador y en la **Figura 9** se muestra la forma de onda de la tensión de salida.

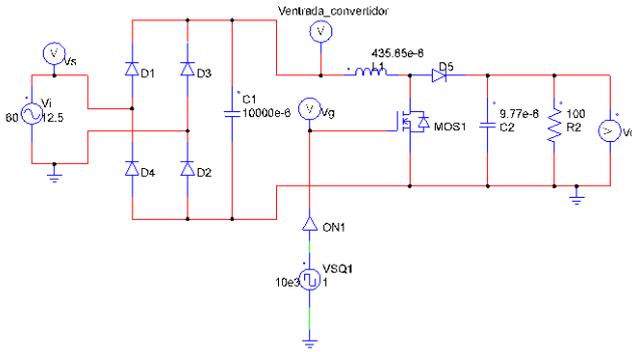


Figura 8. Circuito de potencia para el cargador de baterías: integrando el rectificador y el convertidor elevador.

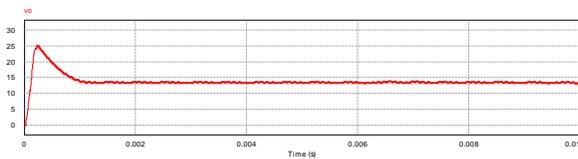


Figura 9. Tensión media a la salida del convertidor elevador.

Sistema de almacenamiento en CD

Las UPS obtienen su energía de una batería o un grupo de baterías conectadas en serie. La mayoría utiliza baterías selladas de plomo-ácido, las cuales se caracterizan por su bajo costo, alta duración y operación libre de mantenimiento. Cuanto mayor sea el voltaje de entrada más eficiente será la UPS dado que para una misma potencia se requerirá una menor corriente. En general se recomienda que la fuente de alimentación de la UPS no sea menor a 48V. No obstante, estas baterías sufren envejecimiento por lo que su vida útil generalmente no supera los 4 años.

Para implementar la etapa de almacenamiento en CD se utiliza una batería recargable sellada de ácido-plomo de 12V a 12Ah y hasta 1000 ciclos de carga/descarga. Este tipo de baterías es útil para alimentar lámparas de emergencia, alarmas, equipos de sonido portátiles y más. Tiene la característica de "voltaje/tensión de carga flotante" que permitirá tener el cargador conectado por tiempo indefinido a la batería sin dañarla y tenerla lista para su uso en cualquier momento. Para determinar la capacidad de operación de la batería se determinaron los tiempos de carga utilizando los datos proporcionados por el fabricante y estos se describen a continuación.

$$1A = 1 \frac{C}{s}$$

$$1As = C \quad (11)$$

$$1Ah = (1Ah) \frac{3600s}{1h} = 3600As = 3600C$$

$$1Ah = 3600C$$

La carga eléctrica que almacena la batería se puede expresar como:

$$C = \frac{(3600)(12)}{1Ah} \quad (12)$$

$$C = 43200 \text{ Coulombs}$$

Por lo que:

$$\text{Tiempo de descarga} = \frac{\text{Carga eléctrica de la batería}}{\text{Consumo eléctrico del dispositivo}} \quad (13)$$

Es decir, que para el sistema propuesto se tiene que:

$$\text{Tiempo de descarga} = \frac{12Ah}{0.78A} = 15.38h \quad (14)$$

La operación del cargador de baterías se puede dividir en dos etapas: 1) la etapa de comunicación y monitoreo; y 2) el convertidor de potencia elevador, que comprende el circuito de conmutación modulado y el algoritmo de control basado en la teoría clásica. La comunicación se logra desde el servidor local vía *bluetooth*®, este servidor local se conecta a un servidor remoto que aloja una página web que permite visualizar en tiempo real nivel de carga de la batería y que además envía la información a un microcontrolador, encargado de concentrar la información de las variables medidas y de enviar la información a la etapa de potencia. De esta manera se ofrece al usuario la posibilidad de monitorear desde cualquier lugar el estado de carga de la batería o baterías que, solo con una conexión a internet. Además, para la visualización el nivel de carga en el cargador, se incluye una pantalla de cristal líquido en el cargador (LCD, por sus siglas en inglés *Liquid Crystal Display*). En la [Figura 10](#) se muestra un esquema general del sistema y en [\(Alcalá, 2017\)](#) se puede revisar a mayor profundidad el diseño del cargador de baterías. Para la carga de la batería se maneja un tiempo mínimo de 5 hrs por ello, de acuerdo a los parámetros especificados en la [Tabla 2](#), la frecuencia de conmutación en 20 kHz, la tensión de salida máxima en 14.34 V y la corriente de salida máxima en 5A.

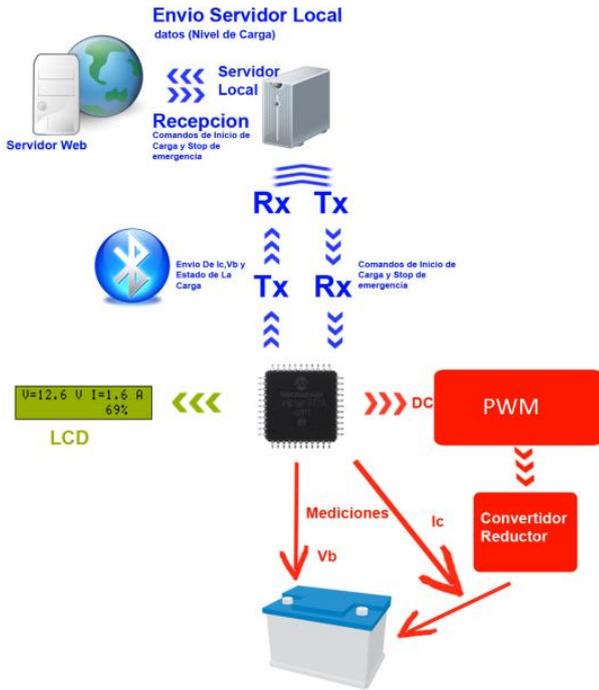


Figura 10. Esquema general del cargador de baterías y de la etapa de monitoreo vía remota.

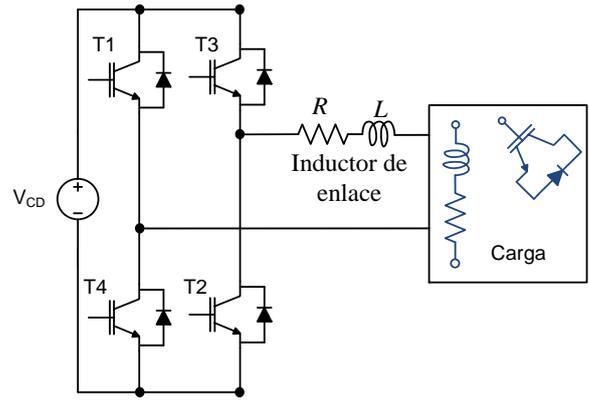


Figura 11, Tensión media a la salida del convertidor elevador.

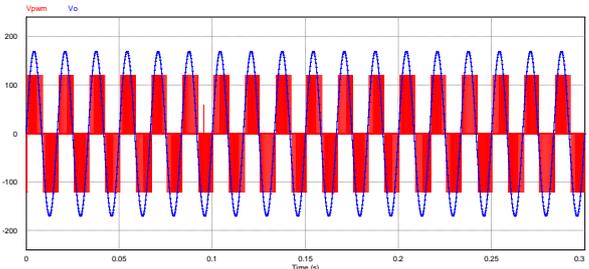


Figura 12. Tensión media a la salida del inversor: (a) Tensión PWM y tensión fase-neutro.

Convertidor CD/CA o Inversor de potencia

El inversor monofásico es la etapa de salida del sistema y será el encargado de alimentar a las cargas eléctricas. El inversor se alimenta a partir del sistema de baterías que integran la etapa de almacenamiento en CD generando una señal sinusoidal de 120 V que oscila a la frecuencia de red eléctrica (60 Hz), a partir de una señal de entrada en CD de 13.5V. La señal de salida es una sinusoidal pura con una distorsión armónica menor al 3%, la entrada y la salida están totalmente aisladas y cuenta con una función de reinicio automático. Para generar el patrón de conmutación del inversor se utiliza la técnica PWM Sinusoidal. Los transistores son del tipo IGBTs. En la Figura 11 se muestra el esquema del inversor monofásico y la Figura 12 se muestra la tensión conmutada en terminales de salida del inversor (VPWM), así como la tensión fase-neutro (Vo), se puede observar que a la salida el inversor entrega la tensión sinusoidal deseada para un valor eficaz de 120V.

Prototipo Experimental y Resultados

A continuación se muestra el prototipo desarrollado para validar los objetivos propuestos en este trabajo. En la Figura 13 se muestran las tarjetas que integran el sistema de monitoreo y gestión para el algoritmo de carga, el convertidor elevador, los sensores de tensión y corriente, la tarjeta de generación para el patrón de conmutación PWM, el rectificador y la tarjeta de protección contra sobre tensiones que en conjunto se encargan de generar la tensión de salida en CD regulada. Para la carga de la batería se maneja un tiempo mínimo de 5 hrs por ello, de acuerdo a los parámetros especificados en la Tabla 2, la frecuencia de conmutación en 20 kHz, la tensión de salida máxima en 14.34 V y la corriente de salida máxima en 5A. En la Figura 14 se muestra el prototipo final y se resaltan las etapas implementadas.

comunicación entre el sistema y un teléfono celular para visualizar mediante una aplicación el estado del sistema; 5) controlar la ventilación a partir de las condiciones de la temperatura en el interior del dispositivo. En la **Figura 17** se muestra la impresión de pantalla del sistema de monitoreo diseñado y visto desde la web, se pueden apreciar los elementos que conforman el controlador vía remota para el proceso de carga, las opciones para activar y/o desactivar el proceso de recarga; así como el encendido o apagado del sistema.



Figura 17. Pantalla de monitoreo desde la web

En la **Figura 18** se muestra la interfaz gráfica implementada para monitorear desde un teléfono móvil el estado de carga de las baterías. La aplicación se buscó fuera sencilla y se desarrolló en la plataforma Android® mediante APKInventor®.



Figura 18. Aplicación para visualización del estado de carga de las baterías en el teléfono móvil.

En la **Figura 19**, se muestra los resultados experimentales de salida para la forma de onda de la tensión proporcionada por la UPS y en la **Figura 20**, se muestran los datos numéricos de la misma medición cuando el inversor se encuentra en vacío, es decir, cuando no tiene ninguna carga eléctrica conectada. Con esta medición, se

puede corroborar que la forma de onda de salida es una senoide pura a 120V y con una frecuencia de 60 Hz.

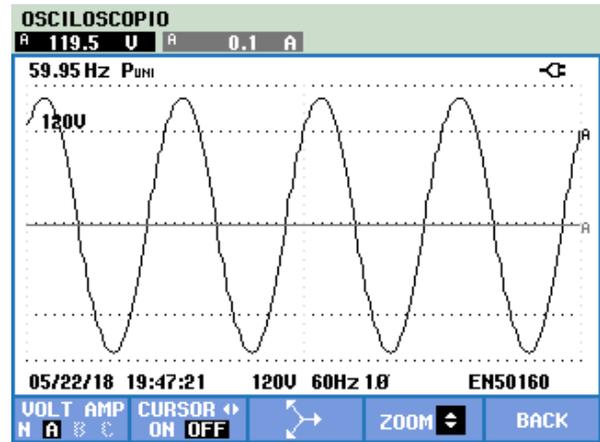


Figura 19. Forma de onda del voltaje de salida del inversor en vacío.

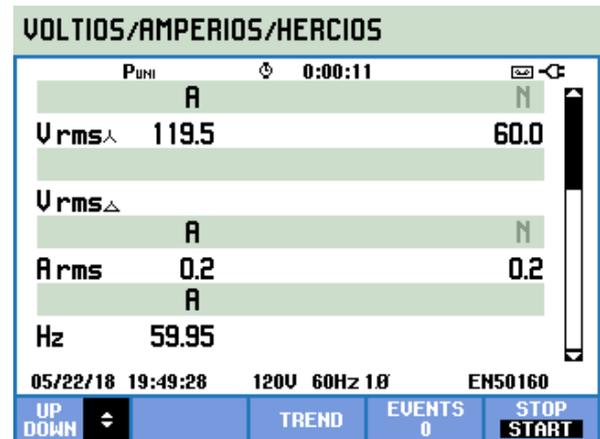


Figura 20. Tabla de valores numéricos de voltaje, corriente y frecuencia de la señal de salida del inversor en vacío.

La **Figura 21**, muestra la distorsión armónica que presentan las formas de onda del voltaje cuando se encuentra en vacío. Con esto, se puede apreciar que la distorsión armónica de la tensión es del 3%.

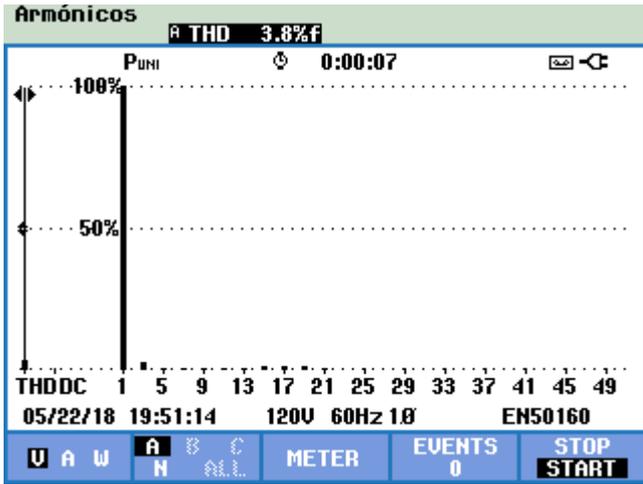


Figura 21. Distorsión armónica total de la señal de voltaje de salida del inversor en vacío.

La Figura 22, muestra las formas de onda del voltaje y corriente de la señal de salida de la UPS cuando alimenta a una carga eléctrica inductiva 700 mA. Por último en la Figura 23 se muestran diferentes vistas del prototipo final implementado para la UPS. Por último, en la Figura 24, se muestra el prototipo operando cuando se utiliza para alimentar una carga de 300 W.



Figura 23. Vista frontal y trasera de la UPS implementada.



Figura 24. Operación de la UPS cuando alimenta una carga

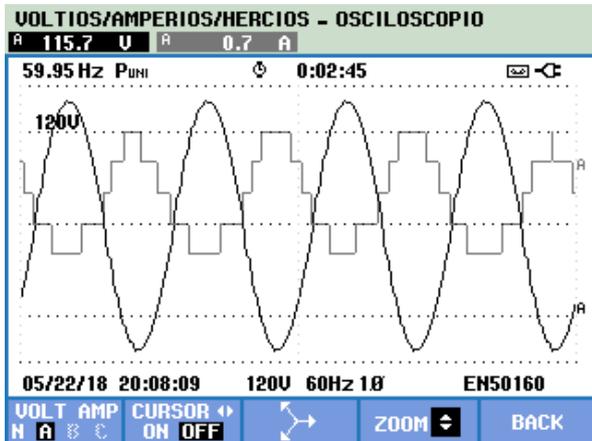


Figura 21. Forma de onda de la tensión y corriente de salida de la UPS con carga eléctrica inductiva.



Conclusiones

Las cargas críticas hoy en día, requieren de fuentes de alimentación ininterrumpidas cada vez más sofisticadas que coadyuven a mejorar el desempeño de un sistema al tener la capacidad de suministrar energía eléctrica ininterrumpida, por lo cual, es de suma importancia en la rama de la ingeniería, comprender, desarrollar y llevar a cabo este tipo de sistemas. Por ello, en este trabajo se presentó una propuesta preliminar para desarrollar un prototipo para UPS en línea interactiva capaz de operar hasta 300 VA integrando además un sistema gestor para el monitoreo y control del estado de carga de la UPS. Lo anterior, tiene como objetivo extender la vida útil de la UPS y adecuar un sistema que sea flexible y que permita evaluar su estado operativo. El sistema implementado consta de varias etapas que integran distintos convertidores de potencia y etapas de comunicaciones que permiten obtener un monitoreo en línea y vía remota. Los resultados obtenidos que se han complementado integrando los resultados de un cargador de baterías inteligente desarrollado en trabajos anteriores validan la propuesta original y generan los factores necesarios para continuar con la tercera etapa de esta trabajo que consiste en escalar el nivel de operación de la UPS.

Referencias

- [1] Aamir, M., Ahmed, K., Michele, S. (2016). Review: Uninterruptible Power Supply (UPS) system. ELSEVIER, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58 (2016) 1395–1410.
- [2] Alcalá-Rodríguez, J., Gudiño-Lau, J., Charre-Ibarra, S., Ruíz-Vanoye, JA., Fuentes-Penna, A. (2018). Sistema de Monitoreo para un cargador de baterías. *XIKUA, Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan* 6(11), 1-10.
- [3] Arriola, F.J. (1989). Perturbaciones más habituales en un sistema eléctrico, Bilbao España: Jornada sobre perturbaciones eléctricas, Análisis y prevención.
- [4] Bekiarov, S. B. and Emadi, A. Uninterruptible power supplies: classification, operation, dynamics, and control. (2002). *APEC. Seventeenth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition*. 1(1) 597-604.
- [5] Hart, D. Introduction to Power electronics. Ed. Prentice Hall, 1996.