FINAL DE CARRERA

DETECTOR Y REGISTRADOR DE FALLAS DE LA RED ELECTRICA MONOFASICA[1]

Patricia Feltan[2], Eliseo Mosquera[3] ; Juan Pablo Gross [4]

[1] Trabajo de Final de Carrera. Materia: Proyecto y Diseño Electrónico, perteneciente al 5° año de la carrera de Ingeniería Electrónica.

[2] Integrante de proyecto, Alumna de la carrera Ingeniería Electrónica, patricia.feltan@gmail.com

[3] Integrante de proyecto, Alumno de la carrera Ingeniería Electrónica, esfrainmosquera2005@gmail.com

[4] Tutor de proyecto, Ingeniero Electrónico, gross@fio.unam.edu.ar

Resumen

El proyecto consiste en desarrollar un prototipo funcional capaz de detectar y registrar fallas de la red eléctrica monofásica.

La finalidad del sistema es poder detectar las fallas eléctricas presentes más habituales y realizar un registro de las mismas de forma de generar información útil para una auditoría o registro de incidencias.

Se caracterizaron diferentes tipos de fallas eléctricas comunes según las normas existentes y se desarrollaron mecanismos para detectarlos. Se miden cortes de tensión y su duración así como variaciones extremas (máximos y mínimos) de la misma.

La idea del proyecto es desarrollar una herramienta básica de auditoría eléctrica. Las empresas prestatarias pueden utilizarla para realizar auditorías internas o también dejar a disposición de usuarios u organizaciones una herramienta probatoria ante posibles demandas a la prestataria.

Palabras clave: *Registrador de fallas – Tensión eficaz – Tensión de pico – Memoria extraíble SD – Interrupciones – Aumentos de tensión – Sobretensiones – Bajadas de tensión –Subtensiones – Huecos de tensión – Microcontrolador*

Introducción

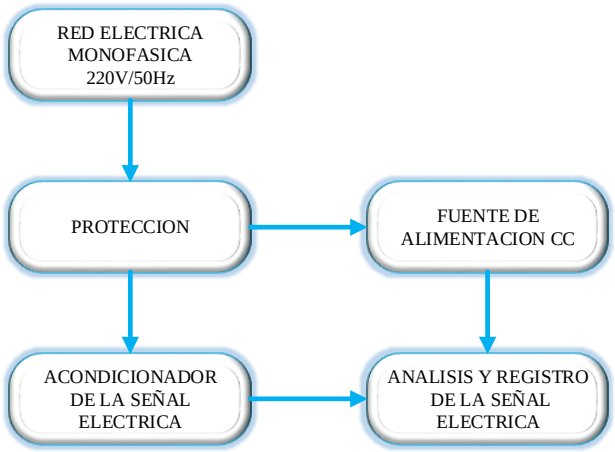
Como es de conocimiento público, las diferentes y contantes fallas en el servicio eléctrico tales como: interrupciones, aumentos de tensión, sobretensiones, bajadas de tensión, subtensiones y/o huecos de tensión, pueden ser perjudiciales para los diferentes electrodomésticos (sistema domiciliario), los cuales son sensibles a estas fallas, pudiendo dañarlos o reducir su vida útil, dependiendo del tipo de falla y su respectiva duración y magnitud. Por lo pronto el usuario aún no cuenta con la posibilidad de corroborar si el servicio que recibe de los proveedores de energía eléctrica es adecuado y tampoco puede demostrar si, en caso de haber un daño en algún electrodoméstico, este es causado por la mala calidad de energía u otro tipo de falla.

Para presentar una solución se ha procedido a buscar en el mercado productos que brinden información respecto de la calidad del servicio de energía y se ha encontrado que los mismos son costosos y no se consiguen fácilmente. Luego se procede a investigar una

alternativa más económica y práctica de lograr un producto que esté direccionado a los usuarios de las cooperativas. Para ello se utilizan, en su mayoría, componentes del mercado local y que cumplieran con las especificaciones requeridas, reemplazando así a componentes de valor elevado.
Los objetivos de este proyecto en tanto, consisten en lograr un producto económico y accesible tanto a los usuarios de la red eléctrica monofásica como también a los prestatarios del servicio, que les permita llevar un control de la calidad de energía.

Metodología
En una primera instancia se han investigado y estudiado las normas relacionadas al control de calidad de energía eléctrica. Seguidamente se realizó un estudio bibliográfico de los componentes y circuitos de detección de las fallas anteriormente mencionadas, analizando el funcionamiento, características constructivas, montaje, etc. de los mismos. Como también la disponibilidad en el mercado y los costos asociados a los distintos dispositivos y su correspondiente instalación. Finalmente con los datos obtenidos se realizó un análisis comparativo que permitió seleccionar el método de detección de fallas más adecuado, práctico y económico.

Resultados y Discusión
El prototipo diseñado consiste básicamente de cinco etapas fundamentales, como puede observarse en el diagrama de bloques (***Figura 1***):



- La primera etapa consiste en la señal a analizar, la cual corresponde a la tensión de la red eléctrica monofásica, de 220V de tensión eficaz y frecuencia de 50Hz.
- La segunda etapa corresponde a la protección del circuito, compuesta por fusibles y varistores, permitiendo de esta manera limitar tanto la tensión como la corriente máxima de entrada al circuito, evitando así daños en el mismo.

Figura 1

- La tercera etapa está definida como la fuente de alimentación del circuito, la cual permite suministrar a los componentes electrónicos una tensión continua de valor 5V. Cabe aclarar que dicha fuente de alimentación está diseñada de manera que el circuito continúe funcionando aún con un corte del suministro de energía, ya que está compuesta además por una batería. En la ***Figura 2*** puede observarse que la fuente de alimentación incorpora un conversor CA/CC compuesto por un transformador reductor (220V/9V), un rectificador de onda completa y un filtro capacitivo. El relé 1 es el que permite la alimentación del circuito mediante la tensión de red o en caso de un corte de energía eléctrica, conmuta, permitiendo el suministro de energía al circuito por la batería.

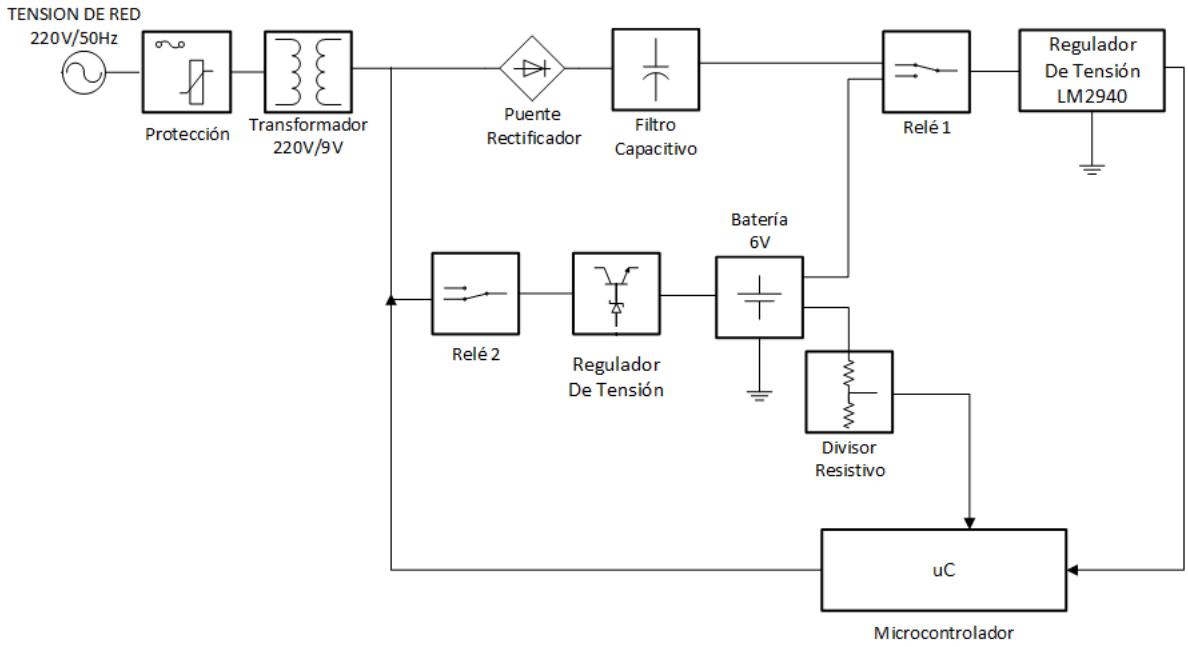


Figura 2:Fuente de Alimentación

El relé 2 está controlado por el microcontrolador, el cual permite realizar la carga de la batería mediante la tensión de red en caso de que la tensión de la misma sea menor al límite determinado y cortar el suministro de energía, conmutando el relé 2, al llegar al límite máximo de carga en la batería. Seguidamente al relé 2 se tiene un regulador de tensión compuesto por un diodo zener y un transistor, el cual entrega a la batería una tensión de aproximadamente 8V. El divisor resistivo conectado a la batería permite disminuir la tensión correspondiente a la misma, de manera que al ser conectado a uno de los pines de entrada del microcontrolador para verificar su estado, no provoque daños en el mismo, ya que el valor de tensión no puede superar los 5V.

En última instancia se tiene luego del relé 1, un regulador de tensión continua, el cual presenta a su salida una tensión de 5V, con una caída de tensión máxima en el mismo de 1V.

- La siguiente etapa corresponde a la de acondicionamiento de la señal a ser analizada, la cual debe ser reducida en su valor de tensión para ser conectada al circuito electrónico, el cual no admite valores de tensión mayores a 5V, correspondiente al valor máximo de entrada analógica al microcontrolador, el cual es el encargado de realizar el análisis de la misma. El circuito acondicionador es presentado a continuación por la ***Figura 3***:

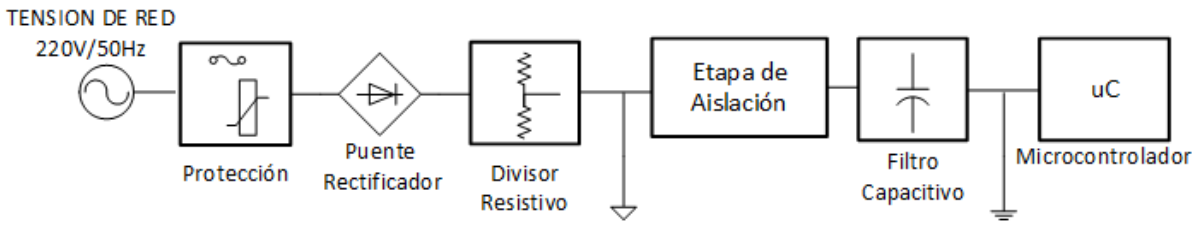


Figura 3: Circuito acondicionador

Como es observable en la ***Figura 3*** la etapa de acondicionamiento está compuesta por un puente rectificador de onda completa y un divisor resistivo que permite disminuir la tensión de la red a un valor adecuado para el circuito electrónico. Seguidamente se presenta una etapa de aislación de manera que se aísle la etapa de alta y baja tensión, evitando así daños significativos en el circuito principal. A continuación se tiene un filtro capacitivo de manera de evitar interferencias a la entrada del microcontrolador que puedan alterar el análisis de la señal de la red eléctrica.

- La etapa final comprende el análisis y registro de las fallas que puedan ocurrir en la tensión suministrada por la red eléctrica. Seguidamente se presenta el esquema correspondiente:

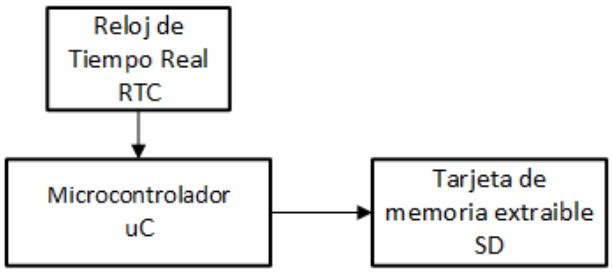


Figura 4: Diagrama representativo de etapa de análisis y registro de fallas

El microcontrolador es el encargado de realizar, mediante el software desarrollado, el análisis correspondiente de la señal. Dicho programa consiste en muestrear la tensión de red acondicionada la cual presenta una frecuencia de 50Hz. Considerando el teorema de muestreo de una señal continua, la frecuencia de muestreo debe ser como mínimo 2 veces la frecuencia máxima presente en la señal a muestrear por lo tanto se adopta en primera instancia una frecuencia de muestreo 20 veces mayor a la frecuencia de la señal.

Por lo tanto, si nuestra señal tiene una frecuencia de 50Hz, la frecuencia de muestreo resulta:

$$f_m = 20 \times 50Hz = 1000Hz$$

Esto nos daría un período de muestreo:

$$T_m = \frac{1}{f_m} = \frac{1}{1000Hz} = 0{,}001seg$$

Realizando de esta manera 20 muestras en cada periodo de la señal como se observa en la ***Figura 5.***

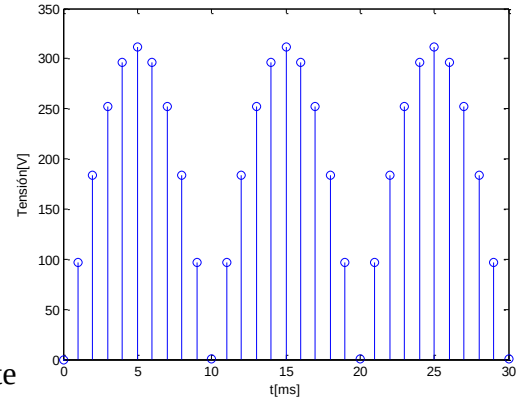


Figura 5

Una vez muestreada la señal se realiza el cálculo del valor rms de la misma, mediante la siguiente fórmula:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_1^n v_i^2}{n}}$$

Con el valor obtenido se procede a comparar con los límites de tensión correspondientes para las diferentes fallas, dados por la Norma IEC 61000-4-30 como se indica en la siguiente tabla:

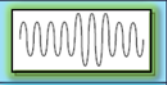
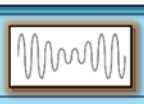
Tipo de falla	Valor mínimo [Vrms]	Valor nominal [Vrms]	Valor máximo [Vrms]	Tiempo de Duración	Forma de la Señal
Tensión Normal	198V	220V	241,99V		
Interrupciones	0V		21,99V	Mayor a 1 minuto	
Aumentos de tensión	242V		Infinito	10ms a 1 minuto	
Sobretensiones	242V		Infinito	Mayor a 1 minuto	
Bajadas de tensión	22V		197,99V	10ms a 1 minuto	
Huecos de tensión	22V		197,99V	Mayor a 1 minuto	

Tabla 1: Límites de tensión correspondientes según Norma IEC 61000-4-30

Como puede verse todas las anomalías a detectar superan el tiempo q corresponde a medio ciclo de la señal muestreada, es decir q el valor RMS q corresponda será detectado con un número limitado de muestras por semiperiodo.
Una vez detectada una falla la misma es guardada en la tarjeta de memoria extraíble con la fecha de ocurrencia y el tiempo de duración.

Conclusiones

Hasta el momento los ensayos realizados del análisis de la señal, han sido pruebas en programas de simulación, obteniendo resultados óptimos de acuerdo a los objetivos propuestos. Para formular una conclusión relevante es necesario relevar el funcionamiento en la práctica, lo que está previsto en breve.

Referencias

IEC 61000-4-30 *Técnicas de ensayo y de medida- Métodos de medida de la calidad de suministro.* Compatibilidad Electromagnética (CEM).

IEEE Std 1159-1995 *Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*

The McGraw-Hill Companies. *Electrical Power Systems Quality, Second Edition*