

## Visualización de la frecuencia de la tensión generada en pico centrales hidroeléctricas, utilizando elementos de bajo costo.

Guillermo A. Fernández<sup>1</sup>, Fernando Botteron<sup>2</sup>, Victor Hugo Kurtz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Alumno de la carrera de Ingeniería Electrónica – U.Na.M., Fac. de Ingeniería, Oberá, Misiones, Argentina  
e-mail: inggaff2000@yahoo.com.ar

<sup>2,3</sup> Profesores de la carrera de Ingeniería Electrónica – U.Na.M., Fac. de Ingeniería, Oberá, Misiones, Argentina  
<sup>2</sup> e-mail: botteron@fiobera.unam.edu.ar <sup>3</sup> e-mail: kurtzyh@fiobera.unam.edu.ar

### 1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de generación es necesaria la medición de frecuencia, debido a que permite a los operarios de la central visualizar y verificar el estado de la generación [1]. Por estos motivos se ha estudiado la forma de medir la frecuencia a través de un método sencillo, económico y de bajo mantenimiento, aplicable a las pico centrales hidroeléctricas.

Este artículo describe la implementación de un circuito sencillo y de bajo costo que permite la visualización de la frecuencia de la tensión generada en pico centrales hidroeléctricas, de modo similar a los frecuencímetros electromecánicos tradicionales a lengüeta. La visualización se realiza en forma discreta a través de una serie de diodos LEDs que se iluminan conforme varía la frecuencia medida simulando las lengüetas del frecuencímetro tradicional.

El proyecto atiende a las características de las pico y micro centrales hidroeléctricas, muy utilizadas en países en vía de desarrollo, en las cuales es necesario implementar sistemas con tecnología apropiada [2], utilizando elementos fáciles de conseguir y de bajo costo.

El circuito presentado fue desarrollado y montado en el marco del proyecto de investigación denominado “Estudio y Relevamiento de Sistemas Electrónicos de Control para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas”.

### 2. SOLUCIÓN PROPUESTA

El método de medición de frecuencia en conjunto con el sistema de visualización de la misma, que aquí se presenta, constituye una alternativa a los frecuencímetros electromecánicos a lengüeta, esto se debe a que permite la lectura de la medición en el mismo formato, igualmente fiable pero con un menor costo. Un frecuencímetro a lengüeta para panel, con un rango de 48 a 52Hz, cuesta en Argentina y a la fecha, aproximadamente USD87, frente a USD19,35 del equipo propuesto.

En la figura 1 se ilustra el diagrama en bloques del frecuencímetro a LED, donde se pueden apreciar las siguientes partes:

**1-Tensión generada:** Representa la tensión generada por la pico central hidroeléctrica, cuya frecuencia se pretende medir. La frecuencia nominal de generación eléctrica en Argentina es de 50Hz.

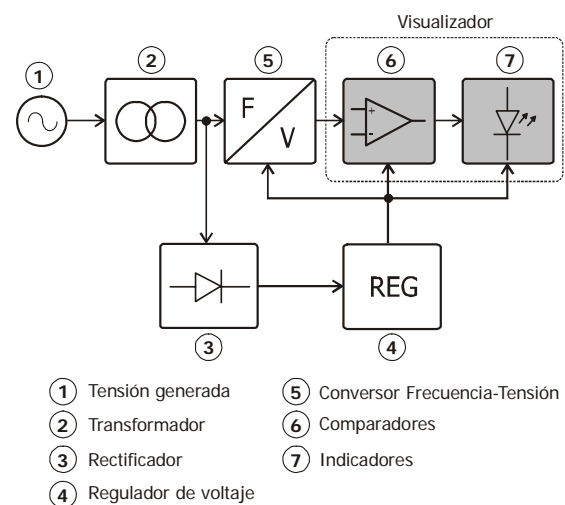


Figura 1: Diagrama en bloques del Frecuencímetro.

**2-Transformador:** Reduce y aísla galvánicamente la tensión generada, permitiendo la alimentación del circuito del frecuencímetro y el muestreo de la forma de onda a medir.

**3-Rectificador:** Convierte la tensión de alterna presente a la salida del transformador, en tensión de corriente continua para alimentar al sistema.

**4-Regulador de voltaje:** Este bloque está formado básicamente por un regulador integrado de tensión que alimenta con tensión estabilizada al equipo.

**5-Convertor Frecuencia-Tensión:** En esta sección, se convierte la frecuencia de la tensión generada, en una tensión de corriente continua proporcional.

**6-Comparadores:** Estos constituyen parte del visualizador y comparan la tensión provista por el convertidor frecuencia-tensión con voltajes de referencia cuyos límites son ajustables por el usuario. Se utilizan nueve comparadores que manejan directamente los LEDs indicadores de

frecuencia. Los comparadores se encuentran integrados en el LM3914 [3], como se muestra en la figura 3.

**7- Indicadores:** Son nueve LEDs que constituyen la sección de visualización de la medición.

La figura 2 permite mostrar la relación entre frecuencia y LED que existe en el circuito de visualización, también ayuda a explicar el funcionamiento del mismo de la siguiente manera: A cada valor de frecuencia, en un rango de 46Hz hasta 54Hz, le corresponde una tensión que va desde 4,6V a 5,4V, y a cada voltaje indicado en el gráfico un LED. Entonces, como a cada frecuencia le corresponde un voltaje determinado, cada LED se enciende para un valor de frecuencia, dentro del rango mencionado.

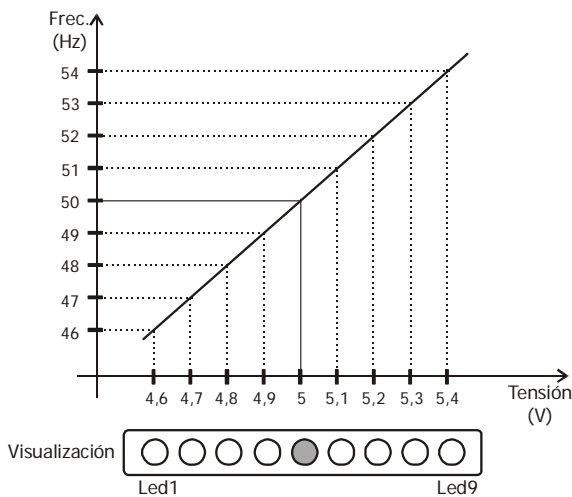


Figura 2: Relación Frecuencia-Tensión-LEDs.

El intervalo de frecuencia utilizado para la visualización corresponde a la variación de frecuencia que se puede producir en las pico centrales hidroeléctricas, además se encuentra dentro de los valores utilizados para los frecuencímetros comerciales del tipo “lengüeta”.

Para obtener el efecto de visualización explicado anteriormente se ha desarrollado un circuito cuyo componente principal es el circuito integrado LM3914 de la compañía National Semiconductors [3], éste presenta un bajo costo y es de fácil adquisición en el mercado local.

El LM3914 es un integrado monolítico que permite sensor niveles de voltajes analógicos y manejar directamente sin resistores diez LEDs. Su funcionamiento se basa en la comparación de la tensión de entrada, a través de diez comparadores de tensión, con distintos niveles de voltajes obtenidos internamente de un divisor resistivo conformado por diez resistencias de 1k cada una. El divisor resistivo presenta sus extremos disponibles para fijar los voltajes de referencia alto  $R_{HI}$  y bajo  $R_{LO}$ ,

determinando así los límites superior e inferior de comparación de la señal de entrada.. Para que los límites mencionados se mantengan constantes, el LM3914 posee una salida de tensión estable  $REF_{OUT}$ .

En la figura 3, se muestra el circuito utilizado, que se alimenta con una fuente regulada de 12Vdc.

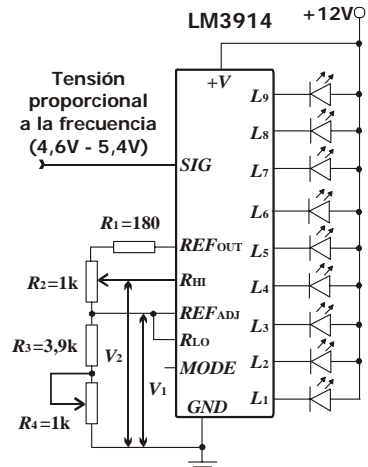


Figura 3: Circuito para la visualización de la frecuencia de la tensión generada.

Para efectuar la calibración del circuito de visualización se debe: Primero ajustar  $R_4$  hasta obtener  $V_1=4,6V$  entre  $R_{LO}$  y masa, y luego  $R_2$  hasta alcanzar  $V_2=5,4V$  entre  $R_{HI}$  y masa.

### 3. CONCLUSIONES

El circuito presentado se ha ensayado tanto en laboratorio como en distintos microaprovechamientos hidroeléctricos, presentando una respuesta lineal respecto de la frecuencia medida, inmunidad a los ruidos de la onda de la tensión cuya frecuencia se pretende medir y comportamiento similar a los tradicionales frecuencímetros a lengüeta, a un costo sensiblemente menor.

Las características de la visualización de la frecuencia pueden ser mejor al del frecuencímetro a lengüeta, ya que se trata de puntos luminosos y no de lengüetas vibratorias.

Al circuito anterior se puede agregar fácilmente alarma para indicar frecuencia mínima y máxima.

Todo el circuito puede montarse en un gabinete normalizado para panel.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. [www.healthwrights.org/books/APLS/aps\\_chapt15.pdf](http://www.healthwrights.org/books/APLS/aps_chapt15.pdf)
2. Kurtz, V. H. (1997). “Puesta en Paralelo de Microcentrales –Sistemas y Circuitos Prácticos Probados”- VII Encuentro Latinoamericano en Pequeños Aprovechamientos Hidroenergeticos, Cajamaraca- Perú,
3. [www.national.com/ds/LM/LM3914.pdf](http://www.national.com/ds/LM/LM3914.pdf)