

# Analizador de redes monofásicas

## RESUMEN

El presente trabajo forma parte del proyecto PIN° 43-07, subsidiado por la SeCyT UNNE, titulado "Instrumentos basados en Microcontroladores". El mismo consiste en el diseño e implementación de un sistema que integra la obtención de parámetros de estado en redes monofásicas, en un solo equipo. El dispositivo está basado en un microcontrolador PIC16F877 que recibe la información de sensores de tensión y corriente, para obtener los parámetros de medida directa y calcular los restantes. Detectando los cruces por cero de las señales de tensión y corriente, el  $\mu C$  determina el grado de desfase y el carácter de la carga. El instrumento cuenta con un display alfanumérico para presentar los resultados.

## ANTECEDENTES

En la actualidad, se tiende a reemplazar el conjunto de instrumentos de uso habitual en un tablero, como ser voltímetros, amperímetros, fasímetros, frecuencímetros, etc., por un único instrumento que realiza las mediciones anteriores, lo cual tiende a disminuir el tamaño físico del tablero, el costo de materiales y costo de ensamble. En el mercado, existen instrumentos que realizan esta tarea pero, desafortunadamente, su costo es elevado para implementarlo en tableros de pequeña envergadura. El



Por:

Felipe Marder,  
Manuel Cáceres,  
Víctor Toranzo,  
Oscar Lombardero,  
Carlos de J. Aquino.  
Dto. de Ing. Eléctrica FACENA  
UNNE

proyecto que se plantea aquí tiende a suplir esa falencia del mercado local, utilizando componentes de fácil adquisición y de costo reducido.

## Sustento teórico

Se empleó el  $\mu C$  PIC16F877 para realizar la toma de datos de los sensores, y para el cálculo de los parámetros de la línea. Determina el tipo de carga, el desfase en grados, la potencia activa y aparente. El rango de la tensión y la corriente al  $\mu C$  se ajustó para optimizar el rango dinámico del conversor ADC. En las figuras N° 1 y N° 2 se puede observar el diagrama en bloques y el circuito esquemático respectivamente. La detección de los cruces por cero se realiza analógicamente para evitar errores en el tiempo de conversión, y para determinar la diferencia en fase entre V e I. La presentación de los resultados se realiza después de haber realizado una promediación de las últimas lecturas, a fin de com-

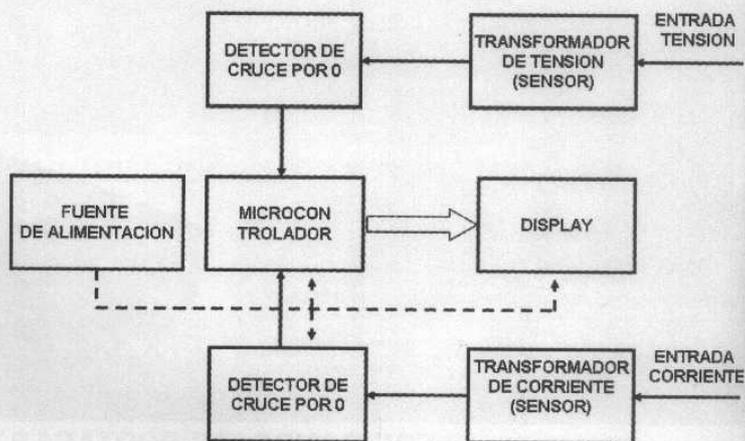


Figura 1: diagrama en bloques del sistema

pensar algún  
figura N° 3  
circuito del

En el cir  
demos obser  
de cruce po  
micro la info  
diferencia de  
de tensión de  
carga. Media  
se consiguen  
por cada par  
(de subida) e  
inicia y final  
termina la de  
desfasaje) en  
Los comparad  
a la entrada c

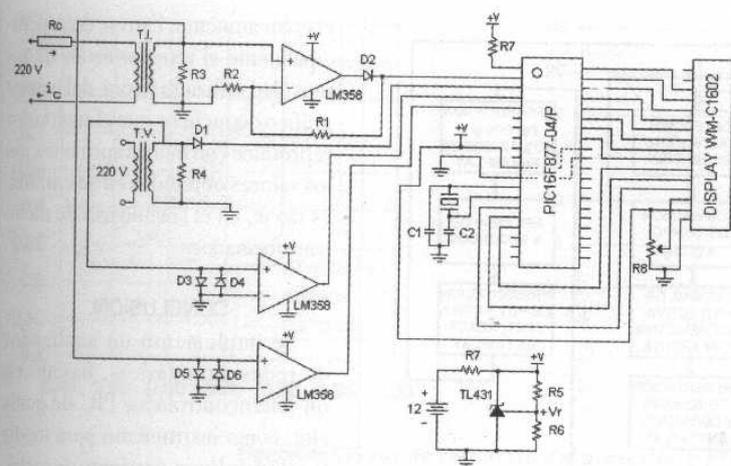


Figura 2: Diagrama esquemático del prototipo

pensar algún error por ruido. En la figura N° 3 se presenta el esquema circuital del dispositivo

En el circuito esquemático, podemos observar los dos detectores de cruce por cero que facilitan al micro la información del tiempo (o diferencia de fase) que separa la onda de tensión de la de corriente sobre la carga. Mediante los comparadores, se consiguen ondas cuadradas (una por cada parámetro) cuyos flancos (de subida) consecutivos permiten iniciar y finalizar el conteo que determina la duración del tiempo (o desfase) entre tensión y corriente. Los comparadores están protegidos a la entrada con diodos antiparalelo

por eventuales diferencias de tensión excesivas. La tensión de referencia externa para el conversor ADC del microcontrolador, se implementó con un TL431 que posee una estabilidad de 50 ppm /°C en el voltaje establecido. Un display de tipo LCD de 16 caracteres por dos líneas permite tener una lectura cómoda de los parámetros que se están midiendo.

Haciendo variar la corriente sobre el lazo de CC, se midió la tensión  $V_c$  sobre el capacitor, obteniéndose los valores que se observan en la Fig. N° 3. En el eje X se representan los valores de corriente continua en el devanado de una espira y en el eje Y, la tensión de CC sobre el capacitor.

La medición del  $\cos \phi$  correspondiente a la carga en ese instante, se realiza mediante una tabla comparativa almacenada en memoria del micro, y la potencia activa como reactiva se obtiene por cálculo.

En el diagrama en bloque del programa de la Fig N° 3, podemos distinguir que se obtiene primero el valor de pico de la onda de tensión y de corriente, obteniendo luego los valores eficaces correspondientes. Luego se contabiliza el tiempo entre flancos y cuál de los dos parámetros lo hizo primero, a fin de determinar si la carga es inductiva o capacitiva. Luego se determina el  $\cos \phi$  por tabla y se calculan las potencias activa, reactiva y aparente.

#### ENSAYOS

Se realizaron diversos ensayos para obtener la respuesta del prototipo a las variaciones del factor de potencia. Las pruebas consistieron en el empleo de cargas con distinto valor de  $\cos \phi$  y, con una pinza amperométrica, se midieron las corrientes en las ramas resistivas y reactivas del circuito. Mediante cálculo se obtuvieron los valores de factor de potencia correspondientes a cada carga y, en un osciloscopio de doble trazo, se observó el desplazamiento temporal de las señales de corriente y tensión a la entrada del microcontrolador.

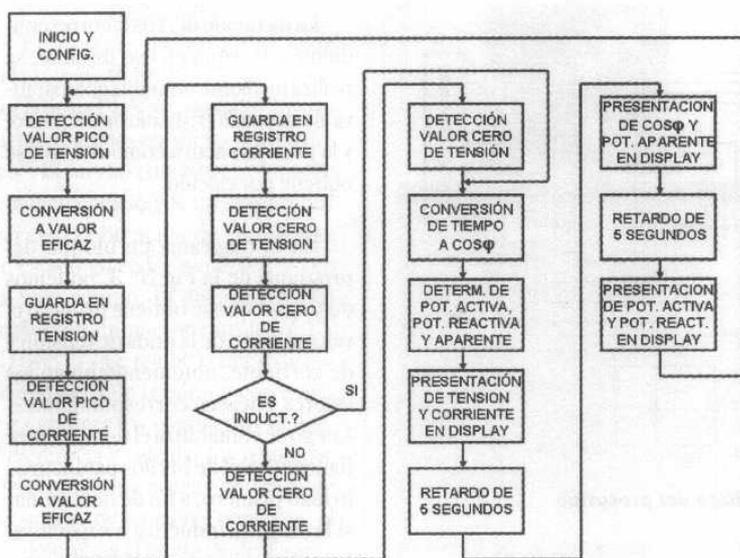


Figura 3: Diagrama de flujo del programa

Carga Res:	Carga Reac:	Ic(mA):	Ir(mA)	Cosp (Calculado):	Cosp (Analizador):	Δt (medido c/osciloscopio) (mS):	Cosp (Medido c/osciloscopio):	Errores:
100W	10uF	540	410	0,605	0,64	2,9	0,613	0,06
100W	20uF	850	410	0,434	0,54	3,2	0,536	0,24
175W	20uF	850	750	0,662	0,64	2,9	0,613	0,03
175W	10uF	570	760	0,800	0,77	2,3	0,750	0,04
140W	10uF	570	590	0,719	0,72	2,5	0,707	0,00
140W	20uF	860	600	0,572	0,6	3,1	0,562	0,05

Tabla 1: valores obtenidos en los ensayos

En la tabla N° 1, se muestran los valores obtenidos en el ensayo, así como también el cálculo de errores correspondiente.

Para lograr una mayor comprensión de los ensayos, se presenta un

gráfico comparativo correspondiente a los valores obtenidos por medición con osciloscopio y los arrojados por el analizador, y también un gráfico de errores. Puede observarse que, en el caso de cargas muy reactivas,

el error aumenta. Esto se debe principalmente al transformador de intensidad utilizado ya que del primer gráfico deducimos que el analizador reproduce con mucha aproximación los valores obtenidos en su entrada, es decir, en el secundario de dicho transformador.

### CONCLUSION

Se implementó un analizador de redes monofásicas, basado en un microcontrolador PIC de gama alta, como instrumento para medir tensión de línea, corriente de carga, y desfase entre ambas. También calcula las potencias activa, reactiva y aparente, y presenta el resultado en un display LCD alfanumérico de dos líneas. Se considera estar frente a un sistema confiable, ya que el mismo ha sido extensivamente ensayado en nuestros laboratorios, y constituye la primera parte de un equipo que analizará la calidad de la energía en cuanto a la distorsión (ruido por armónicos) y que actualmente está en desarrollo.

Se lo contrastó con un instrumento patrón perteneciente a la cátedra "Medidas Eléctricas" del Departamento de Ingeniería de esta facultad.

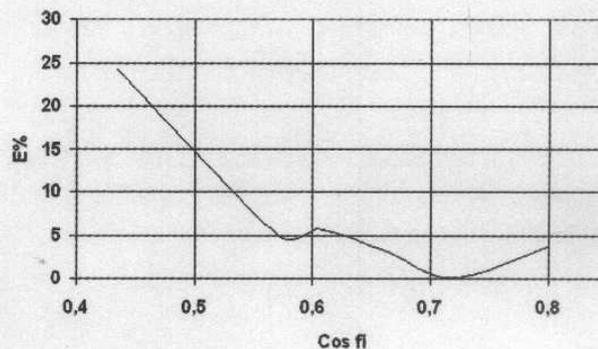
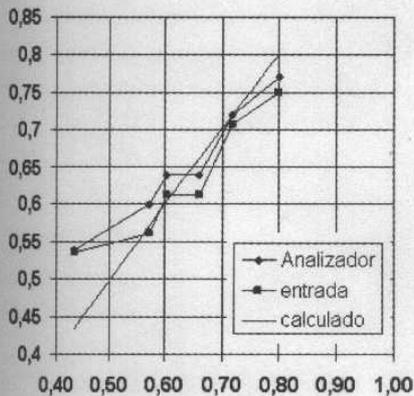
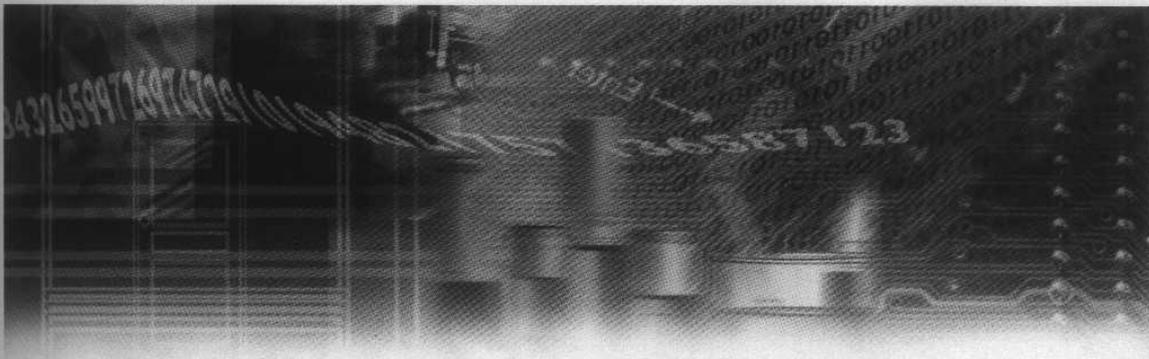


Figura 4: Curvas de respuesta del prototipo y error porcentual

**Referencias**

- Marder F, Lombardero OG., "Fasímetro analógico industrial". Rev. Ing. Eléctrica Vol. 15 N° 164 pag 10-12, Nov 2002.
- Marder F, Lombardero OG "Cofímetro Digital Industrial" Rev. Ing. Eléctrica Vol. 15 N° 165 pag 10-12 Dic de 2002.
- Marder F, Lombardero O, Aquino Carlos de J, Toranzos V. "Sensores Lineales de Tensión y Corriente". Rev. Ing Eléctrica.

(aceptado para publicación).

- Breant P. , Medidas Eléctricas, Ed. Aguilar.
- Cooper W., Helfrick A. "Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición".
- Robert Henderson "Harmonics. The effect on Power Quality and Transformer" IEEE Trans on Industrial Applications. Vol. 30 N° 3 pp: 528-532. may 1994.

- SGS Thompson "Understanding Power Factor" Application Notes N° 824/07/95.
- C. Sankaran "Power Quality" Leo Crisby Ed CRC Press 2002.
- Sobrevila Marcelo A. "Instrumentos y Medidas Eléctricas" Ed. Absina. 2005.
- Roger C Dugan "Electrical Power System Quality" MacGraw Hill 2002.



**Protectores de sobre y baja tensión**

PARA MAS INFORMACION Y OTROS PRODUCTOS SOLICITE CATALOGO

- Instrumentos electrónicos
- Automatización de Luz
- Protectores de Canales
- Protectores de Tensión
- Automatización de Ventilación
- Control de Motor
- Control de Motor y Control
- Instrumentos de Medición



Individual 2000W  
Carcasa rebatible 180°  
con respecto  
al tomacorriente



**Para riel din**

- Trifásico  
Con detección de secuencia de fase.
- Monofásico 5 KW
- Monofásico 5KW Ajustable nuevo  
Permite ajustar tensiones de corte y tiempo de reconexión.

Tel./Fax: (011) 4224-2477 lin. rot. • E-mail: info@rbcsitel.com • www.rbcsitel.com