

ANALIZADOR DIGITAL DE MAGNITUDES ELECTRICAS

KATHERINE SOSA
CENTRO DE EDUCACION CONTINUA
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

BOLIVAR LEDESMA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados del desarrollo del prototipo de un analizador digital de magnitudes eléctricas para sistemas trifásicos balanceados o no balanceados de baja tensión. Se describe, de manera general, el hardware y el software del analizador, el cual ha sido diseñado y construido alrededor de la arquitectura del microcontrolador INTEL 8752BH. Al final se exponen los resultados de las pruebas de contrastación de las mediciones realizadas con este prototipo y se plantea la perspectiva para desarrollar un registrador digital de magnitudes eléctricas en base al analizador desarrollado.

ABSTRACT

This paper reports the development of a digital analyzer for electrical variables. The analyzer works with low voltage three-phase networks connected to balanced or unbalanced loads. The system was developed around the microcontroller INTEL 8752BH. A general description of the system configuration and its supporting software is presented. Laboratory tests and experimental procedures are described. Measurements obtained with the analyzer are presented and discussed. Some comments and suggestions to pursue this project forward are also included.

INTRODUCCION

La necesidad de optimizar la utilización de la energía eléctrica en base al estudio y análisis de la carga y, la evidente conveniencia de automatizar la captación de datos en los sistemas eléctricos como subestaciones, centrales de generación, acometidas industriales y cámaras de transformación, han sido las razones básicas para el desarrollo del prototipo de un analizador digital de magnitudes eléctricas, concebido para ser utilizado en redes monofásicas o trifásicas de baja tensión.

Dentro del marco del convenio existente entre la Escuela Politécnica Nacional y la empresa Optronics Cia. Ltda., en el mes de Diciembre de 1992 se aprobó el auspicio de dicha empresa para el desarrollo de este prototipo como una tesis de ingeniería.

Por otra parte, en el mes de Marzo de 1993 la Politécnica Nacional suscribió un convenio con la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur de Cuenca para el desarrollo del prototipo de un registrador digital de magnitudes eléctricas, el cual encuentra en este analizador digital la base fundamental de su desarrollo.

Es necesario destacar como antecedente el hecho de que en la Escuela Politécnica Nacional se ha venido investigando en líneas afines desde hace algunos años, con resultados satisfactorios que arrojaron entre otras cosas, el desarrollo local de equipos para registro de demanda, los cuales fueron construidos sobre la base de un analizador de energía

convencional en el cual se introdujeron sensores para detectar el giro del disco de inducción. Este registrador adicionalmente almacena el valor RMS del voltaje de la red, en una de sus fases.

La diferencia fundamental con el prototipo que se presenta en este trabajo radica en que el mismo no utiliza partes mecánicas o móviles y ha sido concebido como un equipo totalmente de estado sólido. Es decir, se suprime el medidor convencional con disco de inducción como transductor y, en su lugar, se utilizan componentes eléctricos y electrónicos para medir, a partir de los transformadores de medida PT's y CT's, los parámetros que caracterizan las magnitudes eléctricas básicas de la red: corrientes y voltajes de cada fase. En base a estas mediciones y al software desarrollado para el microcontrolador. El equipo realiza los cálculos necesarios para establecer los restantes parámetros eléctricos de la red.

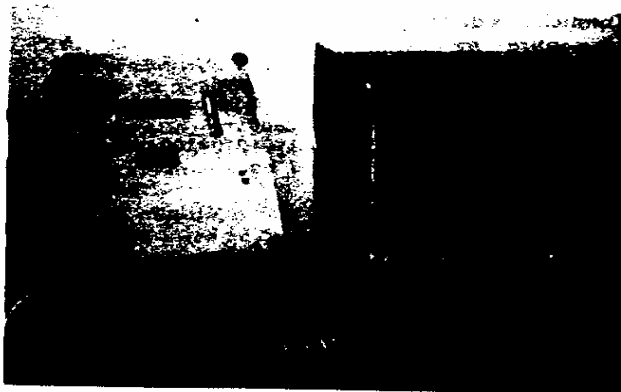


Foto N. 1 Analizador Digital de Magnitudes Eléctricas

DESCRIPCION GENERAL

El prototipo ha sido desarrollado alrededor de la arquitectura del microcontrolador INTEL 8752. Cuenta, en su parte frontal, con un display alfanumérico de cristal líquido de dos filas y 16 caracteres por fila, pulsantes de selección de función y, básicamente realiza las siguientes mediciones:

Mediciones en cada fase del sistema trifásico:

- Voltaje RMS fase-fase y corriente RMS de fase,
- Potencia aparente (S) y factor de potencia ($\cos\phi$),
- Potencia activa ($\pm P$) y potencia reactiva ($\pm Q$).

Mediciones en el sistema trifásico:

- Potencia aparente (S) y factor de potencia ($\cos\phi$),

- Potencia activa ($\pm P$) y potencia reactiva ($\pm Q$),
- Energía activa (kW-h) y frecuencia de la red (Hz).

Una característica importante de resaltar es la capacidad del equipo de discernir el sentido de flujo de la potencia reactiva y también el sentido del flujo de la potencia activa. Esto va a permitir totalizar la energía activa (kW-h) consumida y/o generada en forma independiente, lo cual es muy útil en sistemas que cuentan con co-generación.

El equipo cuenta con un pórtico de comunicación serial de norma EIA RS232C que le permite conectarse a un computador personal y desde éste realizar la descarga simultánea de todas las mediciones que realiza el aparato.

Especificaciones técnicas del prototipo:

Condiciones eléctricas:

Voltaje de alimentación: 110 y 220 V AC o DC.
 Voltaje nominal para medición: 220 y 440 V, 3 hilos.
 Variación de voltaje de medición: $\pm 20\%$
 Corriente para medición: 5 A.
 Número de fases: 3
 Frecuencia: 60 Hz.
 Variación de frecuencia: $\pm 16.6\%$
 Clase de precisión: 2
 Máximo factor de forma: 1.17

Condiciones de temperatura y enfriamiento:

Rango de temperatura: 0 - 55 °C
 Enfriamiento: natural.
 Humedad relativa máxima: 60 % no condensada.
 Altura: 2800 m.
 Dimensiones: 190*270*100 mm.
 Peso aproximado: 1 kg.

Operación del analizador:

Inmediatamente después de energizar el analizador, éste despliega en pantalla los mensajes de inicialización y pasa a operar en forma autónoma realizando las mediciones y cálculos de los parámetros eléctricos de un sistema trifásico balanceado o desbalanceado.

Las magnitudes se muestran en la pantalla del equipo

organizadas en "páginas" que son seleccionables utilizando las teclas pulsantes ubicadas en el frente del equipo. Nueve páginas permiten visualizar información referente a las magnitudes de cada fase y las restantes permiten visualizar información referente al sistema trifásico total, teniéndose un total de 12 páginas organizadas como se indica en tabla 1.

Para poder visualizar toda la información que provee el equipo se dispone de 3 teclas pulsantes cuyas funciones son:

- Tecla 1: avanza a la siguiente página del Display,
- Tecla 2: retrocede a la página previa del Display,
- Tecla 3: posiciona al Display en la primera página.

Mediante microswitches internos se puede cambiar los valores de relación de los CT's y PT's a fin de que el equipo realice los escalamientos necesarios de las medidas tomadas. Las relaciones previstas para los PT's y CT's se enumeran a continuación:

PT's: 220 / 440 V.

CT's: 5/10/20/50/75/100/150/200/250/300/400/500/600/750/800/1000/1200/1500/1600/2000/2500

Es posible también efectuar el encerramiento total de la memoria interna del equipo y del registro acumulador de energía, opción que está protegida para su uso restringido.

El equipo tiene alimentación eléctrica (ac o dc) independiente del sistema trifásico monitoreado por lo cual cuenta internamente con una fuente de switching que provee los voltajes de polarización requeridos por las partes digital y analógica.

Está alojado en un gabinete hermético en el cual toda la circuitería interna es inaccesible para personal no autorizado. Una regleta exterior permite realizar todas las conexiones eléctricas requeridas y un conector DB9 permite el enlace serial con un computador para descargar la memoria y transferir la información generada por el aparato hacia el computador en donde se pueden elaborar sobre la marcha, reportes gráficos o impresos. La conexión del analizador se ilustra en el esquema de la figura 1.

MAGNITUD	RESOLU.	MAGNITUD	RESOLU.
V _{RR} (V)	0.1 V	I _R (A)	Imáx/256
V _{SR} (V)	0.1 V	I _S (A)	Imáx/256
V _{TR} (V)	0.1 V	I _T (A)	Imáx/256
POT. ACTIVA R (KW)	0.1 KW	POT. REACTIVA R (KVAR)	0.1 KVAR
POT. ACTIVA S (KW)	0.1 KW	POT. REACTIVA S (KVAR)	0.1 KVAR
POT. ACTIVA T (KW)	0.1 KW	POT. REACTIVA T (KVAR)	0.1 KVAR
POT. APARENTE R (KVA)	0.1 KVA	FACTOR DE POTENCIA R	0.01
POT. APARENTE S (KVA)	0.1 KVA	FACTOR DE POTENCIA S	0.01
POT. APARENTE T (KVA)	0.1 KVA	FACTOR DE POTENCIA T	0.01
POTENCIA ACTIVA TRIFASICA (KW)	0.1 KW	POTENCIA REACTIVA TRIFASICA (KVAR)	0.1 KVAR
POTENCIA APARENTE TRIFASICA (KVA)	0.1 KVA	FACTOR DE POTENCIA TRIFASICO	0.01
ENERGIA (KW - HORA)	0.1 KW-h	FRECUENCIA (Hz)	0.01 Hz

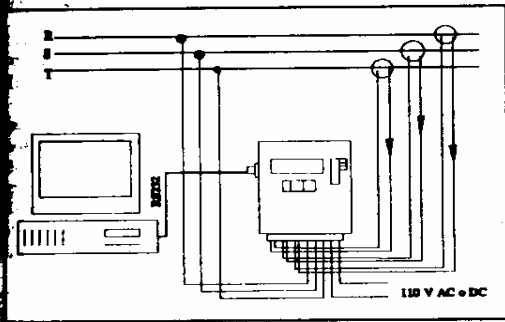


Figura 1.

El equipo incluye, adicionalmente, las siguientes entradas y salidas, previstas para ampliación y otras aplicaciones:

8 salidas digitales (open colector PNP) de 5, 12 ó 24 V y con capacidad de 0.5 A, previstas para el manejo de relés auxiliares para activación de alarmas y señalización de máximos y mínimos.

10 entradas digitales, 2 de las cuales tienen prioridad y generan interrupción en el microprocesador, previstas para monitorear el estado lógico de dispositivos externos al registrador (interruptores, disyuntores, etc.), o para el acoplamiento entre dos o más registradores en aplicaciones en las que se requiere monitorear variables eléctricas en diferentes ramales de un circuito.

1 entrada de medición analógica, prevista para monitorear magnitudes eléctricas adicionales y de interés como pueden ser: voltaje de corriente continua del sistema de alimentación auxiliar en subestaciones y/o centrales eléctricas, voltaje de alimentación auxiliar del registrador, etc.

1 entrada de medición analógica para conexión de pinza amperimétrica, prevista para que el equipo enlazado vía serial con un PC, pueda realizar el análisis armónico de la forma de onda monitoreada.

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

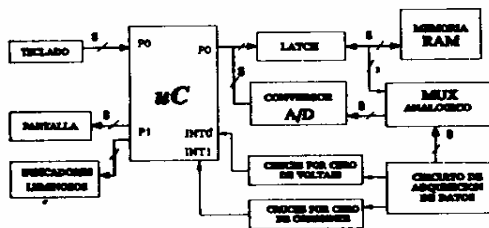


Figura 2. Diagrama de Flujo del Circuito de Control

El analizador ha sido diseñado alrededor de la arquitectura del módulo MCPD51, el cual fue previamente desarrollado como una tarjeta multipropósito basada en los microcontroladores de la familia MCS-51.

Esta tarjeta multipropósito pone a disposición del

usuario los siguientes recursos:

- 1 pòrtico digital bidireccional de 8 bits.
- 16 salidas lógicas.
- 16 entradas lógicas con opción a Dipswitch de 8 bits.
- 8 entradas lógicas con capacidad de generar interrupción en el microcontrolador.
- 1 entrada analógica con un conversor A/D de 8 bits.
- 1 salida analógica con un conversor D/A de 8 bits.
- 1 pòrtico de comunicación serial RS232.
- 1 Bus de datos de 8 bits.
- 1 Bus de direcciones de 16 bits.
- 1 Bus de señales de control del microcontrolador.
- Decodificador de direcciones para dispositivos externos.
- Memoria RAM no volátil de 2 Kbytes.
- Circuito para control de reset.

La tarjeta MCPD51 constituye el módulo central de procesamiento digital y utiliza al μ C INTEL 8752BH, el mismo que se encarga de realizar todas las operaciones relacionadas con la medición, procesamiento de datos y despliegue de información, sin perder de vista el control de la comunicación serial RS232, la cual se maneja permanentemente como un canal abierto para la recepción de comandos desde un computador. La memoria RAM no volátil permite el almacenamiento del totalizador de energía (KW-h) garantizando la integridad de esta información aún en casos de falla o desconexión de la alimentación principal del analizador.

Para la medición de voltajes se utilizan 3 transformadores de potencial (internos) cuya relación de transformación es de 220:24. Para la medición de corrientes es necesario la utilización de transformadores de corriente externos al equipo, los cuales deberán entregar una corriente máxima en su secundario de 5 A.

Para la amplificación y acondicionamiento de las señales medidas se dispone de una tarjeta analógica constituida por seis etapas similares; tres se utilizan para los voltajes de línea y tres para las señales de corriente. Cada etapa contiene fundamentalmente los siguientes arreglos circuitales:

- Circuito de filtrado de la señal de entrada, formado por un filtro de primer orden, para atenuar las perturbaciones y ruido eléctrico que se puede presentar en las señales de la red que son monitoreadas.
- Convertidor AC-DC de precisión y filtro pasabajos activo de segundo orden, que permite obtener un voltaje DC directamente proporcional a la variable eléctrica medida.
- Limitadores de voltaje, para garantizar que las señales que van hacia el conversor Analógico-Digital no salgan de los rangos de operación segura, aún en condiciones que superan las especificaciones de entrada del analizador.

Las seis señales son enrutadas hacia el conversor A/D a través de un multiplexor analógico, cuyas líneas de direccionamiento son controladas por el microcontrolador del sistema.

En las entradas de medición del equipo se han dispuesto elementos de protección contra sobrevoltajes y sobrecorrientes con lo cual se minimiza el riesgo de daños internos ante situaciones no previstas.

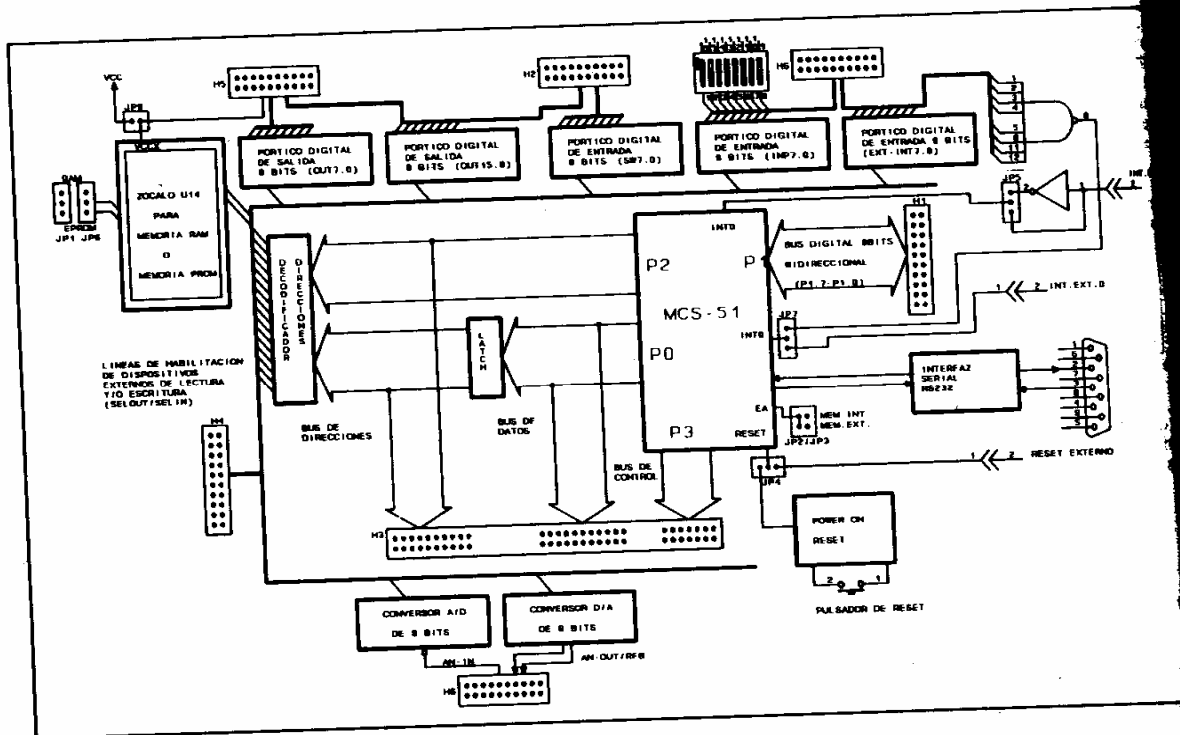


Figura 3. Tarjeta multipropósito MCPD51.

DESCRIPCION DEL SOFTWARE:

El programa está estructurado para garantizar que permanentemente se midan los valores de voltaje y corriente y se calculen los demás parámetros eléctricos.

Para la determinación precisa de los valores de voltaje y corriente se toman 128 muestras en cada intervalo de medición y se realiza un promedio aritmético de las mismas, con lo cual se minimiza el efecto de posibles perturbaciones o interferencia en el instante del muestreo.

Para calcular la frecuencia de la red se mide el intervalo de tiempo entre dos cruces por cero consecutivos de voltaje, mientras que, para el cálculo del factor de potencia se mide el tiempo entre el cruce por cero de voltaje y corriente de cada fase. La medición de estos intervalos de tiempo es realizada por el microcontrolador el cual recibe señales de interrupción externa (EX0 y EX1) cada vez que se detectan los cruces por cero de voltajes y corrientes.

Utilizando la información del intervalo de tiempo entre los cruces por cero de v-i de una misma fase, se determina el signo de la potencia activa y reactiva del sistema analizado.

La medición de los parámetros indicados se realiza en forma independiente para cada fase. Estos valores son almacenados en localidades predefinidas de memoria RAM para posteriormente ser utilizados en

los cálculos de los restantes parámetros.

Las operaciones requeridas para calcular distintos parámetros eléctricos se realizan aritmética extendida con representación en cuatro bytes, con lo que todos los números decimales son convertidos a enteros y así se garantiza que no se pierda información en los datos a ser procesados.

Para la determinación de una magnitud eléctrica, el analizador realiza 128 lecturas consecutivas de un transformador de medida a través del convertidor A/D durante un intervalo de 5 ciclos de la red. Estas lecturas son promediadas y el valor final de medición se obtiene mediante ecuaciones de transformación evaluadas en el microcontrolador, las cuales incluyen la información de la escala de CT's ó PT's.

El analizador incorpora etapas de medición y acondicionamiento independientes para cada voltaje y para cada corriente del sistema trifásico y, a pesar de que éstas son iguales entre sí, se puede presentar diferencias en las mediciones de cada fase debido a las tolerancias de los componentes utilizados. Para hacer posible la calibración del equipo mediante software se tienen ecuaciones de transformación independientes para cada voltaje y para cada corriente del sistema trifásico. Las constantes de este conjunto de ecuaciones se almacenan en la memoria del microcontrolador, con lo cual el procedimiento de calibración del equipo consiste únicamente en reajustar aquellas constantes.

PRUEBAS REALIZADAS:

Figuras 4 hasta 11 muestran los gráficos de error porcentual obtenidos en las mediciones básicas que realiza el equipo.

Para todas las mediciones, excepto las de factor de potencia, se ha utilizado un multímetro digital FLUKE modelo 87 como referencia. Este instrumento, disponible en el laboratorio de pruebas, permite realizar mediciones de voltaje, corriente y frecuencia con precisión de 0.7%, 1.0% y 0.005% respectivamente.

Para la contrastación de las mediciones de factor de potencia se procedió a medir el defasaje entre el voltaje y la corriente de una fase, utilizando un osciloscopio con memoria digital (Tektronic 2240).

Los resultados que se presentan corresponden a pruebas de laboratorio en las que se dispuso de una fuente de voltaje trifásico variable (autotransformador variable) y cargas de tipo resistivo-inductiva o resistivo-capacitiva conectadas indistintamente en cada fase de la fuente. De forma manual se procedió a variar el voltaje y la potencia de la carga para cubrir todo el rango de medición especificado por el analizador. En cada medición se evaluó el error porcentual en base a la siguiente expresión:

$$\epsilon = \frac{m1 - m2}{m2} * 100\%$$

m1 = valor medido por el analizador,

m2 = valor medido con el instrumento de referencia.

Para poder contrastar las mediciones de frecuencia se conectó el analizador en los terminales del generador sincrónico que se dispone en el laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Facultad de Ingeniería Eléctrica. Utilizando este generador, conectado en paralelo con la red eléctrica de suministro externo, fue posible verificar la exactitud del analizador para discernir el sentido de giro de la potencia activa y el carácter de los reactivos (inductivo o capacitivo). Para el efecto se operó manualmente sobre el gobernador de velocidad y el control de excitación del generador.

En todos los casos se ha operado con voltajes y corrientes sinusoidales, garantizando un factor de forma muy próximo a la unidad.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

De los resultados en las mediciones de voltaje se observa un comportamiento similar para las tres fases mientras el voltaje no supera los 243 V aprox. En este rango el error se mantiene dentro de la banda del 2%. Para voltajes mayores a 243 V, en las mediciones de las fases R y T se observa un crecimiento en el error, a diferencia de lo que ocurre en la fase S, en la que se introdujeron diferentes constantes en la ecuación de transformación del microcontrolador. De cualquier manera, la tendencia creciente del error, cuando el voltaje se acerca al límite superior del rango del equipo, resulta lógica si se considera el efecto de saturación magnética de los transformadores de medición utilizados en el prototipo, los cuales son de un voltaje nominal de 220 V. De estos resultados se ha visto la necesidad de utilizar transformadores con un voltaje nominal igual al máximo especificado en el rango de medición.

Los resultados en las mediciones de corriente

muestran una tendencia similar en las tres fases, en las cuales fueron introducidas constantes de corrección en las ecuaciones de transformación del microcontrolador. Sin embargo, resulta imposible mantener el error dentro del 2% cuando la corriente es menor a un 10% del valor nominal del transformador utilizado. Esto se debe a que en este rango de operación, la corriente de magnetización del transformador toma valores similares a la corriente medida.

Por lo tanto, el rango de medición confiable de corrientes está comprendido entre el 10% y el 100% del valor nominal del transformador de corriente, lo cual no representa una limitación del equipo si se considera que su campo de aplicación es a nivel industrial y en subestaciones, centrales de generación o cámaras de transformación, en donde la corriente típica de trabajo usualmente supera el 10% del máximo.

Los resultados de la medición de factor de potencia permanecen dentro de la banda del 2% en todo el rango, tanto para carga capacitiva como para carga inductiva. Esta medición no es afectada por la saturación ni por la corriente de magnetización de los transformadores de medida debido a que se basa en la medición de los intervalos de tiempo entre los cruces por cero de las ondas de voltaje y corriente. Sin embargo, esta medición resultará confiable siempre que se trabaje con corrientes mayores al 10% del valor nominal del CT, ya que con corrientes muy pequeñas se estará midiendo el defasaje entre el voltaje y la corriente de magnetización.

En la medición de frecuencia se observan errores que no superan 0.035%, en todo el rango especificado por el equipo. Esta medición es la más precisa que se ha obtenido y resulta lógico si se considera que en ella no afectan en absoluto las características de los transformadores de medida. La precisión de esta medición depende tan solo de la resolución y exactitud del reloj interno del microcontrolador utilizado para medir los intervalos de tiempo entre los cruces por cero de todas las señales de voltaje.

En forma general, las mediciones del analizador han sido contrastadas utilizando métodos e instrumentos que de ninguna manera pueden ser considerados patrones primarios y, por lo tanto, los errores reales pueden ser mayores a los obtenidos. En el peor de los casos, haciendo una aproximación muy simple, los errores obtenidos podrían sumarse con los errores de los instrumentos referenciales en cuyo caso se alcanzarían los siguientes valores máximos:

Error en voltaje: 2.7%, rango: 176 - 243 V.

Error en corriente: 3.0%, rango: 10% - 100% In.

Error en Cos ϕ : 2.0%, rango: 0 - 1.

Error en frecuencia: 0.04%, rango: 50 - 70 Hz.

El equipo como tal, no puede determinar la distorsión armónica de las señales que están siendo medidas; sin embargo, es capaz de descargar la información de las muestras de corriente para que en un computador personal se procese esta información y se pueda obtener el análisis espectral de la señal.

Para el muestreo, análisis de las señales y cálculos de voltaje rms y corriente rms, se consideran ondas sinusoidales con factor de forma menor a 1.17. Sin embargo, si se tiene el caso de señales no sinusoidales el error que se comete en las mediciones dependerá del factor de forma de la señal, teniéndose por ejemplo, un error del 3.8% para una onda triangular, valor que si bien excede el rango establecido para equipos clase 2, no resulta crítico para el tipo de aplicación prevista para el aparato.

Para el procesamiento de datos que realiza el

microcontrolador, el muestreo de voltaje y corriente se realiza a partir de las señales continuas obtenidas luego de amplificar, rectificar y filtrar las señales de los PT's y CT's. Esto introduce retardos en el tiempo de estabilización de los acondicionadores, el cual resulta estar en el orden de 2 a 3 segundos, lo cual perjudica la velocidad de respuesta del analizador. Sin embargo, si se considera que se trata de un instrumento de medición y no de control, esta limitación tampoco resulta crítica.

Si bien el equipo tiene la posibilidad de almacenamiento de datos eléctricos de interés para el usuario, los mismos que pueden ser descargados a través del pòrtico serial hacia un computador para

su posterior análisis, en este trabajo preliminar no se ha desarrollado el software de procesamiento y análisis de los datos eléctricos, así como tampoco se han desarrollado rutinas en el microcontrolador para el manejo de las salidas digitales de señalización alarma y/o actuación, ni para el manejo de entradas digitales y analógicas que se disponen en el equipo.

De momento se ha implementado un programa en Quick-Basic que permite la descarga simple de los datos del analizador digital, su presentación en pantalla y la graficación de voltajes y corrientes. Este programa únicamente pretende demostrar la aptitud del analizador para este tipo de operación.

GRAFICOS DE ERRORES DE MEDICION

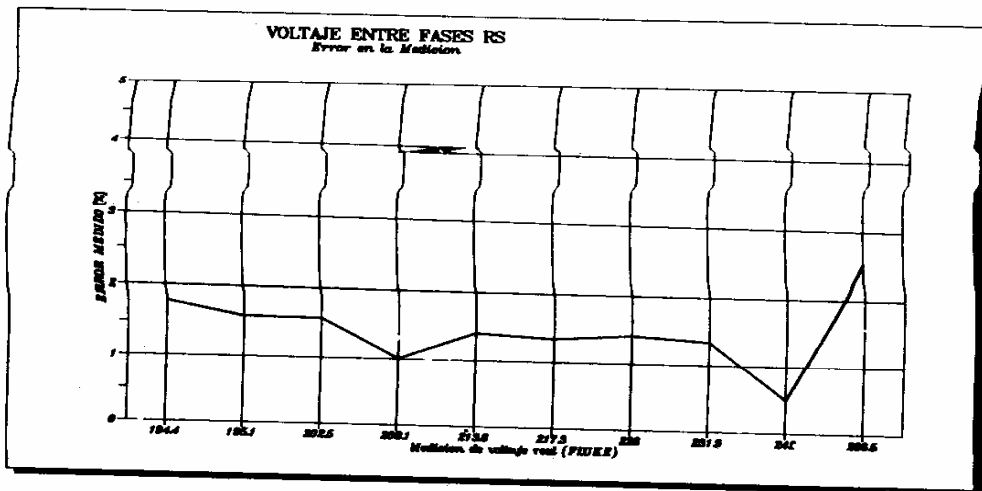


Figura N. 4 Banda de Error del Voltaje RS

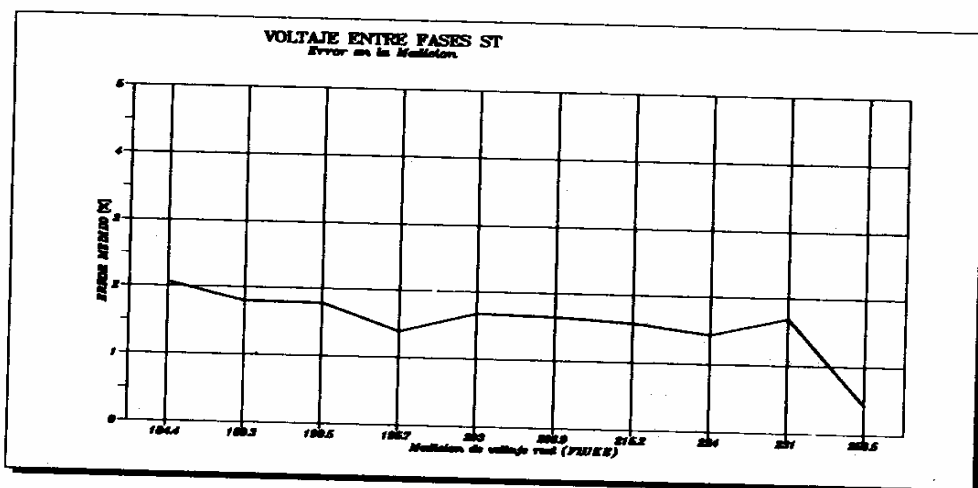


Figura N. 5 Banda de error del Voltaje ST

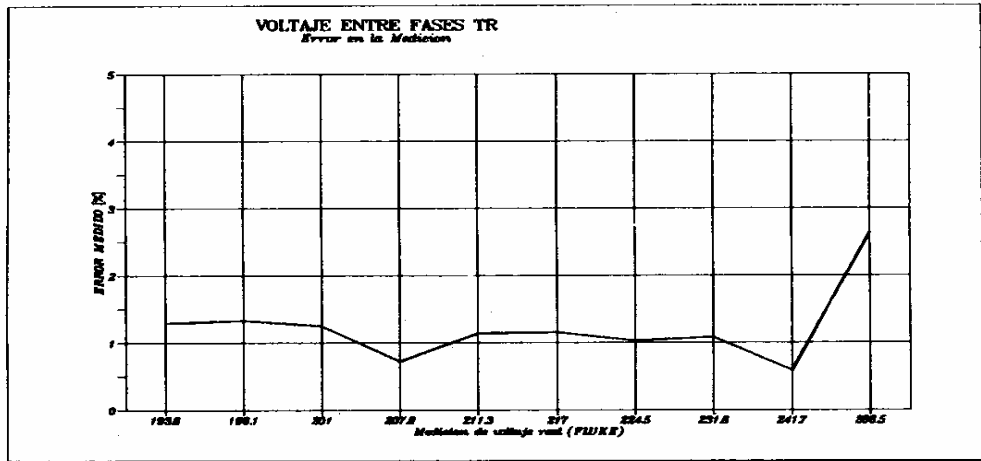


Figura N. 6 Banda de error del Voltaje TR

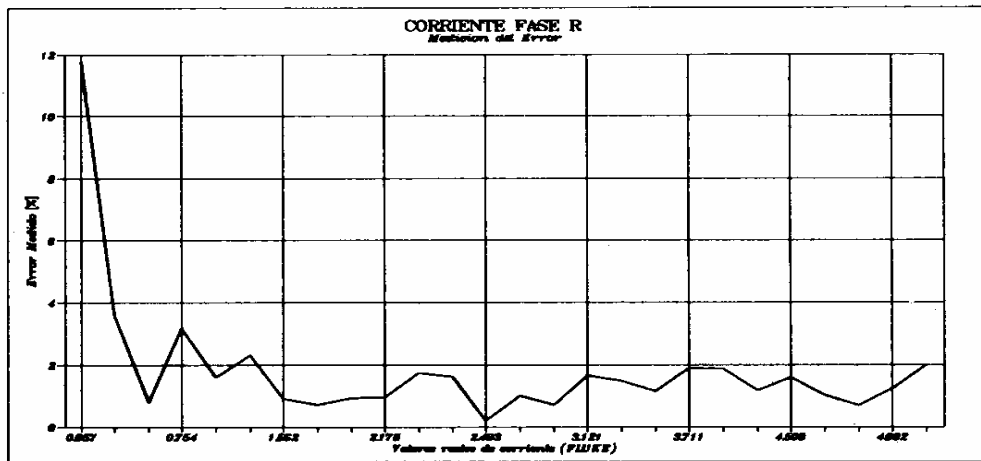


Figura N. 7 Banda de error Corriente R

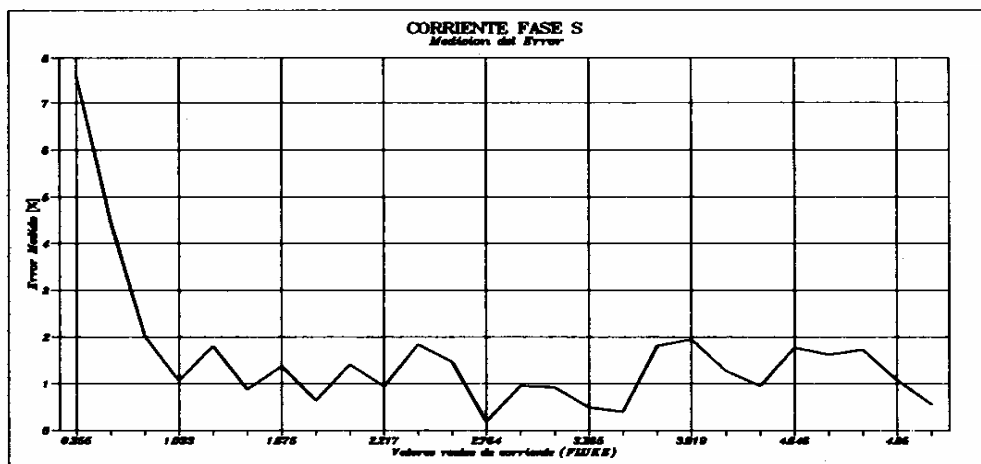


Figura N. 8 Banda de error Corriente S

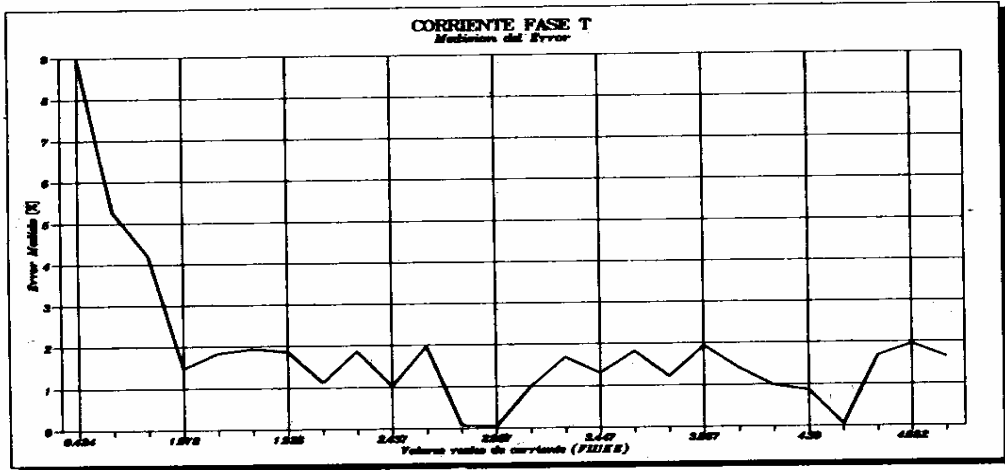


Figura N. 9 Banda de error Corriente T

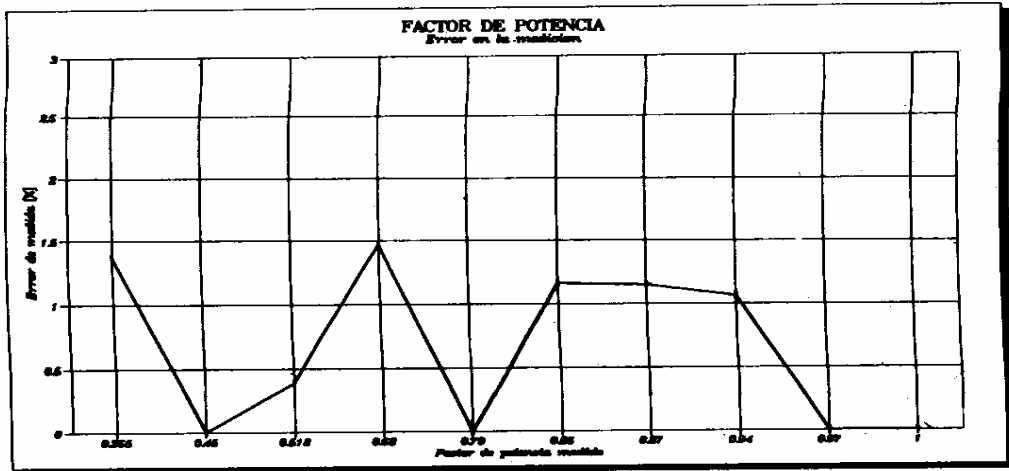


Figura N. 10 Banda de error de F.P.

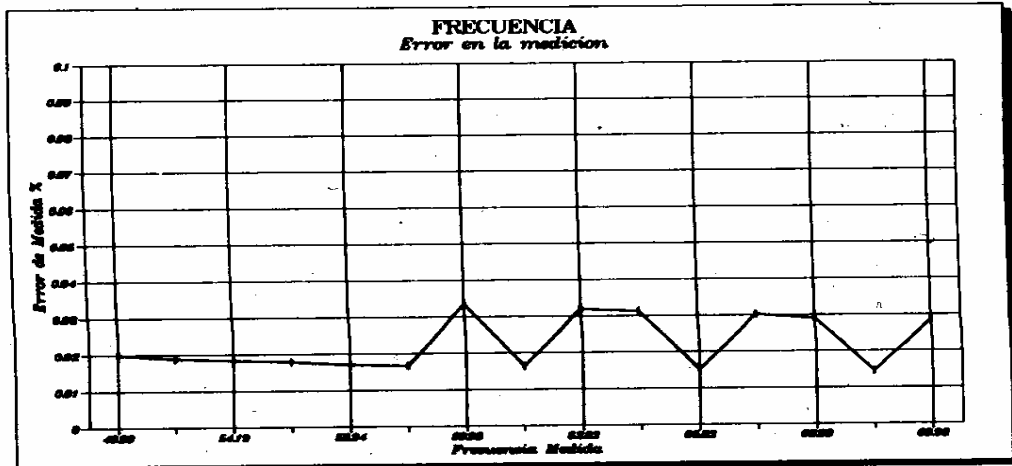


Figura N. 11 Banda de error de Frecuencia

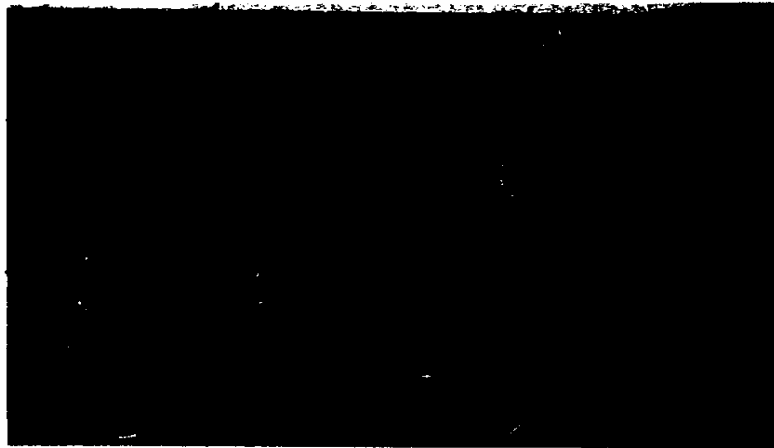


Foto N. 2 En el centro aparece el Analizador Digital junto a un multímetro FLUKE y a un medidor convencional de energía

CONCLUSIONES

De las pruebas de contrastación realizadas, se desprende que el analizador digital de magnitudes eléctricas opera dentro de los parámetros esperados de precisión y, de manera general, cumple los requerimientos inicialmente planteados.

La combinación de tecnología analógica y digital en el diseño y construcción de este prototipo ha permitido obtener resultados satisfactorios, no solo en la precisión de las mediciones sino también en la versatilidad que se da al analizador al incluir un puerto serial de comunicación, elementos de visualización, señalización y actuación local y un sistema de medición y temporización basado en un oscilador de cristal que garantiza una buena estabilidad y repetibilidad en las mediciones.

Los circuitos analógicos de concepción simple y bajo costo permiten realizar el acondicionamiento de las señales provenientes de los transformadores de medición, evitando la utilización de costosos transductores eléctricos, los cuales han sido sustituidos por PT's y CT's de tipo comercial. El enorme potencial del microcontrolador Intel 8752BH compensa la simplicidad de las etapas analógicas de medición y realiza el cálculo de valores rms, potencia aparente, potencia activa y reactiva, factor de potencia y energía independientemente en cada fase y en el sistema trifásico total.

Los resultados obtenidos demuestran que la precisión del equipo depende directamente de la precisión de los PT's y CT's de medida. Esto se evidencia al comparar la precisión obtenida en las mediciones de voltaje y corriente respecto a las mediciones de frecuencia y factor de potencia, las cuales no dependen de la precisión de los transformadores de medida. De igual forma, la utilización de un conversor A/D de 8 bits es suficiente para los rangos de precisión deseados.

Con el desarrollo de este prototipo se ha alcanzado una meta fundamental en el proyecto de construir localmente equipos digitales dedicados a la captación

y análisis de datos en los sistemas eléctricos. Este analizador constituye una herramienta poderosa para el análisis de redes eléctricas y encuentra, como tal, un amplio campo de aplicación tanto a nivel industrial como a nivel de centrales de generación, subestaciones y cámaras de transformación.

El analizador presenta una característica fundamental que es la capacidad de discernir el sentido de flujo de potencia activa y reactiva; esto permitirá totalizar la energía activa (kW-h) consumida y/o generada en forma independiente, lo cual es muy útil en sistemas que cuentan con co-generación.

Una característica importante del equipo es su capacidad de aceptar múltiples escalas de transformadores de corriente lo cual le permite adaptarse a diferentes tipos de aplicaciones.

Considerando que el desarrollo y construcción local de este equipo permite alcanzar un costo final inferior a otros similares que se comercializan en nuestro medio, que no existe la dependencia tecnológica que resulta inevitable al adquirir equipos importados y, tomando en cuenta las características técnicas y operativas que se han alcanzado, se concluye que es factible su comercialización.

Si bien se considera culminado el desarrollo del prototipo de un analizador digital de magnitudes eléctricas en lo que a hardware se refiere, actualmente se trabaja en el desarrollo de software para PC's que amplie el campo de aplicación del mismo y que permita realizar las siguientes tareas adicionales: registro periódico de los parámetros y almacenamiento en medio magnético con intervalos de tiempo programables por el usuario y análisis armónico de las formas de onda de corrientes en la red. Obviamente, este tipo de registro y análisis solo se podrá realizar conectando el analizador digital a un computador personal. El analizador por si solo no podrá realizar este tipo de tareas.

Por otra parte, en virtud del convenio de la E.P.N. con la E.E.R.C.S., actualmente se trabaja en el diseño

y construcción de un registrador de magnitudes eléctricas totalmente autónomo de estado sólido. Indudablemente el prototipo del analizador digital constituye una base importante para el desarrollo de este registrador y de hecho, uno de los aportes más importantes es la elaboración del software, en lenguaje ensamblador. Este software será el soporte básico para la culminación de este proyecto que, en poco tiempo adicional, pretende lograr el prototipo de un registrador portátil, confiable, de bajo costo en relación a otras alternativas comerciales y con buenas características técnicas y operativas.

BIBLIOGRAFIA:

BANDA H., " Fundamentos del Control Electrónico Industrial ", CENDES - EPN 1985.

RASHID M. H., " POWER ELECTRONICS - Circuits, devices and applications ", Prentice Hall International Inc., 1988.

INTEL, " Embedded Microcontroller Handbook ", Intel Corp., USA 1988.

BANDA H. / VELARDE J. /....., " Control electrónico de potencia y técnicas digitales ", INECEL - EPN 1986.

VASS HELENA, "Apuntes de mediciones eléctricas" EPN - 1988.

LEDESMA B. " Características Técnicas y guía de uso TARJETA MCPDS1DA", EPN 1992.

SOSA K. " Diseño y construcción de un medidor digital de energía trifásico ", Tesis de Grado, EPN 1993.

BIOGRAFIA:



SOSA, KATHERINE. Nació en Quito, el 12 de Julio de 1951. Obtuvo su título de Bachiller en Humanidades Modernas y especialización Físico Matemática en el Colegio Experimental "24 de Mayo". Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional, obteniendo el título de Ingeniera en

Electrónica y Control en 1993.

Actualmente presta sus servicios en el Centro de Educación Continua de la Escuela Politécnica Nacional.

LEDESMA, BOLIVAR. Nació en Quito, el 5 de diciembre de 1962. Obtuvo su título de Bachiller en Humanidades Modernas en el Colegio San Gabriel de Quito. Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional, obteniendo el título de Ingeniero en Electrónica y Control en 1993. Actualmente presta sus servicios en calidad de Profesor Agregado II en el Área de Control Electrónico de Potencia de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional.