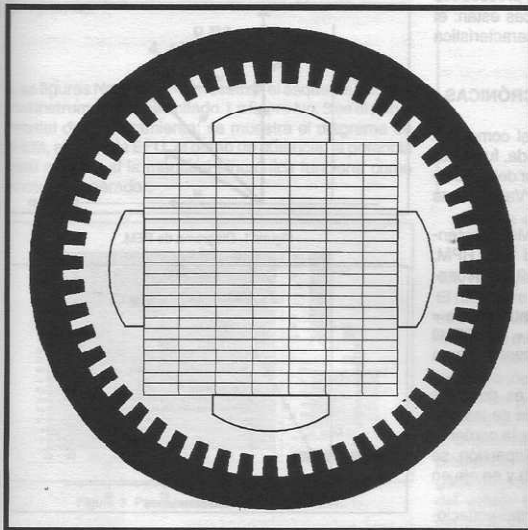


Interfaz gráfica de un analizador digital de máquinas sincrónicas mediante Labview



RESUMEN

Este artículo describe un instrumento virtual (VI) desarrollado con base en el software dedicado Labview, que constituye la interfaz gráfica del usuario, para el monitoreo de un analizador digital de máquinas sincrónicas.

Finalmente, se hace una aproximación práctica a los conceptos de programación gráfica e instrumentación virtual, evidenciando sus ventajas más representativas.

ABSTRACT

This paper shows a virtual instrument (VI) which was made with Labview. The VI is a graphic user interface to monitoring on the synchronous machines digital analyzer. Finally it shows some advantages of virtual instrumentation and graphic programming.

1. INTRODUCCIÓN

La instrumentación electrónica, anteriormente, sólo se desarrollaba en hardware, pero con el avance de los computadores y del software, hoy es posible desarrollarla virtualmente, es decir, aquellos módulos de despliegue y procesamiento que antes se tenían como circuitos hoy se pueden reemplazar por bibliotecas de software, adquiriendo así más flexibilidad, rapidez y economía. Otra ventaja adicional que pre-

□ **Gloria Patricia Zapata Mendi-
velso**
Ingeniera Electrónica

□ **Luis Andrés Arizmendi Gómez**
Ingeniero Electrónico

□ **Eduardo Francisco Owen Me-
dina**
Ingeniero Electricista
Profesor Auxiliar
Universidad del Valle

□ **Eduardo Francisco Caicedo
Bravo, Ph.D.**
Ingeniero Electricista
Profesor Titular
Universidad del Valle

* Este texto se recibió, para ser publicado,
en octubre de 1997.

senta este tipo de instrumentación, debido a la modularidad y flexibilidad, es que su actualización y mantenimiento es más económico y práctico.

En el artículo se muestra el instrumento virtual desarrollado mediante el cual se proporciona una interfaz gráfica ergonómica para el usuario de un analizador digital de máquinas sincrónicas, constituyéndose en la mejor alternativa de monitoreo y visualización, debido a su economía, flexibilidad, rapidez y eficiencia.

El instrumento virtual desarrollado adquiere y procesa datos, utilizando una tarjeta de adquisición de datos AT-MIO-16E-2 de National Instruments y presenta resultados a través de paneles frontales gráficos interactivos. El instrumento muestra al usuario distintas características de una máquina sincrónica, ya sea como un motor o un generador, a partir de datos tomados y procesados de dicha máquina. Entre las características están: el ángulo de par, el diagrama de FEM y la característica angular de la potencia activa.

2. MODELO DE LAS MÁQUINAS SINCRÓNICAS

El modelo matemático que representa el comportamiento de una máquina sincrónica saturada, fue estudiado, analizado y validado en el generador del Laboratorio de Máquinas de la Universidad del Valle, cuyas características son:

Generador sincrónico de polos salientes (MG-2) potencia 4 KVA, corriente 21/10.5 A, velocidad 1200 RPM, voltaje 110/220 V, $V_{excitación}$ 125 V, $I_{excitación}$ 2.9 A, frecuencia 60 Hz.

A partir de pruebas de laboratorio se encontraron: $R_a = 0.399 \Omega$ (resistencia de armadura) y $X_l = 1.1167 \Omega$ (reactancia de dispersión) parámetros necesarios para el análisis de la máquina sincrónica.

Como la máquina sincrónica estudiada es de polos salientes, se aplicó el método de la teoría de las dos reacciones, mediante el cual los flujos por la corriente de armadura (I_a), incluyendo el flujo de dispersión, se descomponen en eje directo (longitudinal) y en eje en cuadratura (transversal).

Con base en esto, se obtuvieron las siguientes ecuaciones necesarias para modelar el funcionamiento de una máquina sincrónica saturada:

$$I_d = I_a \cos(1.57 - (\phi + \delta))$$

Corriente de armadura en eje directo

$$I_q = I_a \sin(1.57 - (\phi + \delta))$$

Corriente de armadura de eje en cuadratura

$$X_{ds} = \frac{(V_t \cos(\delta) + X_l I_r + I_d R_a)}{I_r - I_d}$$

Reactancia de dispersión saturada en eje directo

$$X_{qs} = \frac{V_t \sin(\delta)}{I_r \cos(\delta) - I_q \sin(\delta)}$$

Reactancia de dispersión saturada de eje en cuadratura

Los resultados obtenidos de estas ecuaciones, permiten graficar el diagrama de FEM, figura No. 1, el cual proporciona una descripción matemática de los procesos electromagnéticos que ocurren en la máquina durante la transformación electromecánica de la energía.

Otro aspecto a modelar de la máquina sincrónica fue su característica angular de potencia activa. Esta característica representa las variaciones que la potencia activa entrega a la red para los diferentes valores del ángulo de par. La figura No. 2 representa este comportamiento y se le denomina domo de potencia. Matemáticamente, esta potencia es representada por la siguiente ecuación:

$$P_a = \frac{V_t E_{fu} \sin(\delta)}{X_{ds}} + \frac{V_t \sin(2\delta)}{2} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right)$$

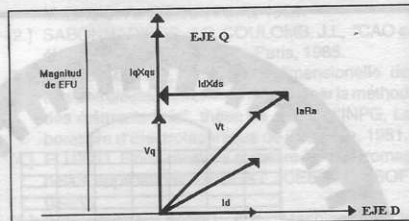


Figura 1. Diagrama de FEM.

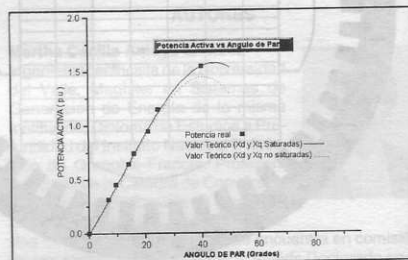


Figura 2. Potencia activa vs. ángulo de par.

3. LABVIEW

Labview (Laboratory Virtual Engineering Workbench) es un sistema de programación gráfico avanzado para adquisición, control, análisis y presentación de datos, que ofrece una metodología de programación innovadora en la cual gráficamente se ensamblan objetos de software llamados instrumentos virtuales.

El código optimizado, generado por Labview, es compilado a la misma velocidad que un compilador de C y el control del sistema y la presentación de datos para el usuario se hacen a través de paneles frontales gráficos

interactivos. En el panel frontal se colocan los displays numéricos, los indicadores luminosos, los medidores, las gráficas, etc., y en el diagrama de bloques se interconectan objetos con distintas funciones, entre los cuales se intercambian datos. Estos objetos pueden ser funciones aritméticas, booleanas, rutinas de análisis y adquisición de datos, operaciones con archivos y operaciones de red.

Con Labview se pueden adquirir datos de muchos dispositivos, incluyendo GPIB, VXI, dispositivos seriales, PLC's y tarjetas de adquisición de datos; también puede conectarse a otras fuentes de datos por red Novell e Internet o utilizando comunicación entre aplicaciones mediante rutinas OLE, DDE y SQL.

Además posee herramientas poderosas para prueba y depuración del código, el cual es reusable para nuevos programas.

4. APLICACIÓN

Las figuras No. 3 y No. 4, muestran el esquema general del instrumento desarrollado. La figura No. 3 es el panel frontal de la herramienta; se muestra el diagrama de FEM, el valor de EFU, el domo de potencia, la potencia real e indica si la máquina sincrónica funciona como motor o generador.

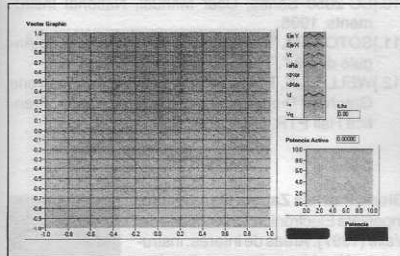


Figura 3. Panel frontal de ANALIZADOR.VI.

El diagrama de bloques (figura No. 4) muestra los distintos VI's que fueron interconectados para lograr realizar las funciones del panel frontal. En este diagrama hay 4 bloques fundamentales, uno que permite adquirir datos de 6 canales de la tarjeta de adquisición de datos AT MIO 16E-2, con los cuales se calculan los resultados de las ecuaciones matemáticas que definen el modelo de la máquina sincrónica. Otro bloque permite calcular el ángulo de par, utilizando una medida de ancho de pulso, de la señal proveniente del circuito desarrollado, para obtener un pulso proporcional al ángulo de par de la máquina. Un tercer bloque permite archivar y graficar los datos calculados de potencia activa y, por último, el cuarto bloque permite graficar el diagrama vectorial de FEM (7 vectores) y calcular EFU.

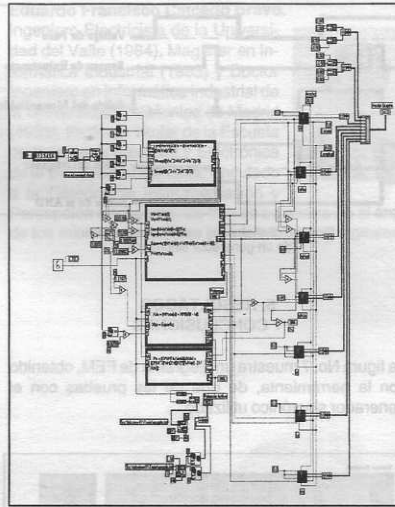


Figura 4. Diagrama de bloques de ANALIZADOR.VI.

4.1. Hardware

El hardware implementado, figura No. 5, se compone de un circuito monoestable y un circuito negador.

El circuito monoestable, se dispara con el flanco positivo de la señal proveniente del sensor de reluctancia, produciendo un pulso con ancho igual a 8,33 mseg (mitad del periodo de la señal de 60 Hz del voltaje en terminales).

El circuito negador invierte el nivel lógico del pulso que produce el monoestable y una compuerta AND, encargada de realizar el "Y" lógico entre la señal digitalizada del voltaje en terminales y la señal proveniente del negador. El pulso de salida que entrega esta AND, es equivalente al ángulo de par tanto para un generador como para un motor.

El funcionamiento del hardware, para un generador, se muestra en la figura No. 6.

Ya que la medida del ancho de pulso es en tiempo, debe convertirse a grados utilizando la ecuación $\delta = (\text{ancho de pulso} \cdot 360^\circ) / 16,6 \text{ mseg}$.

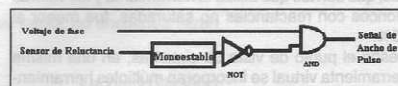


Figura 5. Diagrama de bloques del hardware implementado.

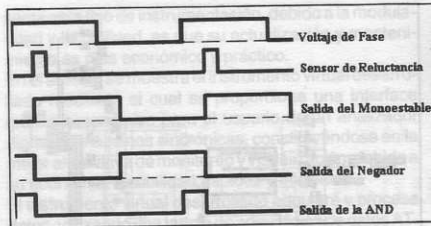


Figura 6. Señales del circuito para el caso de un generador sincrónico.

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La figura No. 7 muestra un diagrama de FEM, obtenido con la herramienta, de una de las pruebas con el generador sincrónico utilizado.

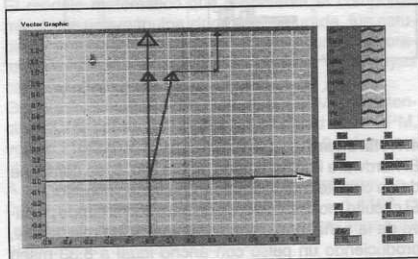


Figura 7. Diagrama de FEM de la herramienta funcionando con un generador (t y δ en radianes).

Con la herramienta virtual para el analizador de máquinas sincrónicas se lograron obtener medidas de ángulo con una resolución de 1 grado. Con éste y otros parámetros, hallados a partir de la adquisición de datos, se lograron obtener los diagramas de FEM y de potencia, mostrándose así el comportamiento de una máquina sincrónica en tiempo real a través de un PC.

El error entre las medidas de potencia real y potencia teórica con la herramienta, fue menor al 2%. La diferencia entre los valores teóricos con reactancias saturadas, que son los que utiliza la herramienta y los valores teóricos con reactancias no saturadas, fue menor al 15%.

Desde el punto de vista de sistemas, en una misma herramienta virtual se incorporan múltiples herramientas de medida de gran precisión y flexibilidad, lo que permite análisis más completos y precisos. Desde el

punto de vista económico, hacer este proyecto en software es mucho más económico que implementarlo en hardware. Desde el punto de vista industrial, este proyecto trae beneficios económicos, incremento de productividad y de flexibilidad.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1.] AT-MIO E Series, User Manual. National Instruments. 1995. Instrumentation, Reference and catalogue. National Instruments, 1996.
- [2.] Labview for Windows, Data Acquisition VI Reference Manual. National Instruments, 1995.
- [3.] Labview, Graphical Programming for Instrumentation. National Instruments, 1995.
- [6.] Labview for Windows, User Manual. National Instruments. 1995.
- [7.] NI-DAQ, User Manual for PC compatibles. National Instruments, 1995.
- [8.] OWEN. E, URRESTA. D.F, "Analizador digital de máquinas sincrónicas", Tesis de grado, Universidad del Valle, 1992
- [9.] SABHARWAL. S.CH, MURTHY. S.S, BERG. G.J, "A Digital Torque Angle Transducer", IEEE Transactions on Industrial Electronics. Vol. IE-31. No.1. Febrero 1984.
- [10.] SC-2050 Series, User Manual, National Instruments, 1995.
- [11.] SOTO. A.M, "Construcción de un Medidor de Ángulo de Par". Tesis de grado. Febrero, 1995.
- [12.] WELLS. L.K, Travis, Jeffrey, Labview For Everyone Graphical Programming Made Even Easier. Prentice Hall PTR. USA, 1997

AUTORES

Gloria Patricia Zapata Mendivelso.
Ingeniera Electrónica, Universidad del Valle (1997). Áreas de interés: instrumentación virtual, sistemas digitales, automatización y comunicaciones.
E-mail: patty_57@hotmail.com



Luis Andrés Arizmendi Gomez.
Ingeniero Electrónico, Universidad del Valle (1997). Actualmente se desempeña como Ingeniero Facilitador del Programa de Mantenimiento Productivo Total, en la División de Metalmeccánica de la empresa Carvajal S.A. Áreas de interés: instrumentación virtual, sistemas digitales, automatización y comunicaciones.



Eduardo Francisco Owen Medina.

Ingeniero Electricista de la Universidad del Valle (1995). Profesor Auxiliar de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle, vinculado a la cátedra de Instrumentación y Percepción Inteligente. Su trabajo se centra en el área de los sistemas digitales y la instrumentación virtual. Actualmente desarrolla estudios de maestría en sistemas de generación de energía eléctrica, en la misma Universidad.



Eduardo Francisco Caicedo Bravo.

Ingeniero Electricista de la Universidad del Valle (1984), Magíster en Informática Industrial (1993) y Doctor Ingeniero en Informática Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid (1995). Profesor Titular de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle, vinculado a la Cátedra de Instrumentación y Percepción Inteligente. Su trabajo se centra en el área de los microprocesadores y de los sistemas digitales.



Elaboración de un modelo de control en el programa ATP/ATCS MODELS, y aplicando el modelo a la Central Hidroeléctrica del Alto Anchicaya.

Este artículo trata de la simulación de un sistema de control en el programa ATP/ATCS MODELS, y aplicando el modelo a la Central Hidroeléctrica del Alto Anchicaya. El artículo describe el funcionamiento de la central, el modelo de control que se desarrolló y los resultados obtenidos. El artículo está dividido en tres partes: la primera describe la central, la segunda el modelo de control y la tercera los resultados.

ABSTRACT
A. Modelo de control desarrollado en el programa ATP/ATCS MODELS, y aplicando el modelo a la Central Hidroeléctrica del Alto Anchicaya. El artículo describe el funcionamiento de la central, el modelo de control que se desarrolló y los resultados obtenidos. El artículo está dividido en tres partes: la primera describe la central, la segunda el modelo de control y la tercera los resultados.

Elaboración de un modelo de control en el programa ATP/ATCS MODELS, y aplicando el modelo a la Central Hidroeléctrica del Alto Anchicaya.

Este artículo trata de la simulación de un sistema de control en el programa ATP/ATCS MODELS, y aplicando el modelo a la Central Hidroeléctrica del Alto Anchicaya. El artículo describe el funcionamiento de la central, el modelo de control que se desarrolló y los resultados obtenidos. El artículo está dividido en tres partes: la primera describe la central, la segunda el modelo de control y la tercera los resultados.

ABSTRACT
A. Modelo de control desarrollado en el programa ATP/ATCS MODELS, y aplicando el modelo a la Central Hidroeléctrica del Alto Anchicaya. El artículo describe el funcionamiento de la central, el modelo de control que se desarrolló y los resultados obtenidos. El artículo está dividido en tres partes: la primera describe la central, la segunda el modelo de control y la tercera los resultados.

Quien de verdad sabe de qué habla, no encuentra razón para levantar la voz.

Leonardo Da Vinci