

## INSTRUMENTACIÓN PARA UN SISTEMA ELECTROMECAÁNICO

J. Gutiérrez<sup>1</sup>, A. Orozco<sup>1</sup>, S. Pérez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Profesores Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Eléctrica

<sup>2</sup>Ingeniera Electricista, Universidad Tecnológica de Pereira

*Este documento discute el diseño y la construcción de un sistema de instrumentación para laboratorios de máquinas eléctricas el cual permitirá estudiar y validar los conceptos relacionados con las conversiones de energía electromagnética, sus aplicaciones en el ámbito industrial y los fenómenos asociados al estudio de los transitorios eléctricos y armónicos.*

### 1. Introducción

Las medidas de señales eléctricas en sistemas de potencia tienen como propósito reproducir fielmente las señales con el fin de realizar estudios de estabilidad, control, armónicos o examinar el comportamiento de una red o máquina en régimen transitorio, por esto el papel que juegan los transductores al tratar de medir una señal, viene determinado básicamente por el tipo de aplicación y algunas características intrínsecas del sensor. Es así como el diseño e integración de las partes que conforman el sistema a implementar tiene presente la necesidad de seguir exactamente las formas de onda que se requieren medir.

El sistema de instrumentación para máquinas eléctricas es un conjunto de elementos *software* y *hardware* que permiten estudiar los fenómenos relacionados con la conversión de energía electromagnética, el sistema cuenta con sensores para adquirir tres señales de corriente AC/DC hasta de 50 A, tres señales de voltaje AC/DC hasta de 400 V, una señal de esfuerzo (100 lbf) y una de velocidad (5000 rpm). Los instrumentos asociados al sistema comprenden voltímetros, amperímetros, osciloscopios, medidores de potencia y energía, analizadores de espectros, fasores y fenómenos transitorios, medidores de torque y velocidad.

El sistema de instrumentación pretende que los estudiantes de ingeniería cuenten con herramientas confiables que les enseñen de una manera rápida y didáctica los conceptos relacionados con las máquinas eléctricas, su funcionamiento y los fenómenos electromagnéticos asociados a ellas.

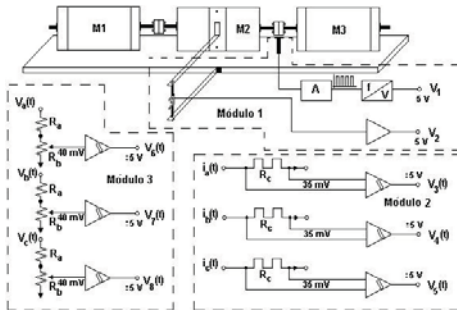
A continuación se discute los diseños y los principales elementos de *software* y *hardware*, necesarios para el montaje del sistema de medición y análisis.

## 2. El hardware

El hardware consiste en una serie de sensores, componentes eléctricos y electrónicos necesarios para obtener lecturas confiables y precisas. El sistema cuenta con los siguientes módulos.

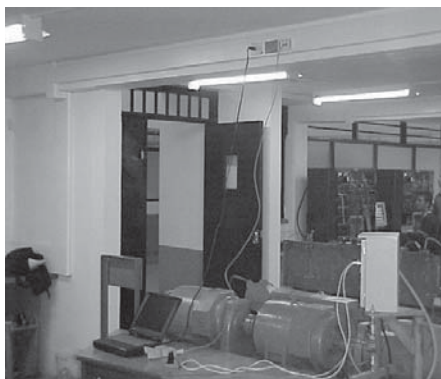
- Módulo para sensar el parámetro torque y velocidad
- Módulos para sensar el parámetro eléctrico corriente AC/DC
- Módulos para sensar el parámetro eléctrico voltaje AC/DC

La figura 1. muestra el diagrama simbólico de la estructura del sistema, el cual se fijó a un grupo didáctico (máquina DC \_ motor síncrono \_ motor síncrono) del laboratorio de máquinas eléctricas de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de Pereira.



**Figura 1.** Sistema de instrumentación

El módulo que obtiene la señal de velocidad está provisto de una sonda óptica, sensible al contraste de colores y ajustada de tal forma que pueda generar pulsos a partir de las marcas colocadas en el eje del rotor de la máquina dc acoplada al grupo motor-generador. La salida de los pulsos se acondiciona a través de un convertidor de frecuencia a voltaje y se ajusta a 5 voltios para luego ser digitalizada por el canal 0 de la DAQ. La figura 2 muestra los sensores acoplados al módulo.



**Figura 2.** Sensores de esfuerzo y velocidad acoplados al grupo motor \_ generador

Todas las señales provenientes de los sensores son acondicionadas para luego ser digitalizadas a través de la tarjeta de adquisición de datos DAQ LabPC1200, sus ocho señales análogas fueron conectadas en modo común para ser procesadas a través del computador.

### 2.1. Módulo para sensar el parámetro de velocidad y esfuerzo

El módulo que obtiene la señal de velocidad está provisto de una sonda óptica, sensible al contraste de colores y ajustada de tal forma que pueda generar pulsos a partir de las marcas colocadas en el eje del rotor de la máquina dc acoplada al grupo motor-generador. La salida de los pulsos se acondiciona a través de un convertidor de frecuencia a voltaje y se ajusta a 5 voltios para luego ser digitalizada por el canal 0 de la DAQ. La figura 2 muestra los sensores acoplados al módulo.

### 2.2 Sensor de esfuerzo.

El sensor de esfuerzo consiste en una celda de carga de 100 lb cuyo principio de funcionamiento esta basada en galgas extensométricas configuradas a través de un puente de Wheastone, su salida fue acondicionada a través del amplificador de instrumentación AD524 y calibrada a  $\pm 5$  V para efectos de tracción y compresión. El dispositivo cuenta con una señal de salida 3.575 mV/V @ 100 lbf la cual es suficiente para las prácticas a desarrollar.

### 2.3 Transductor de corriente.

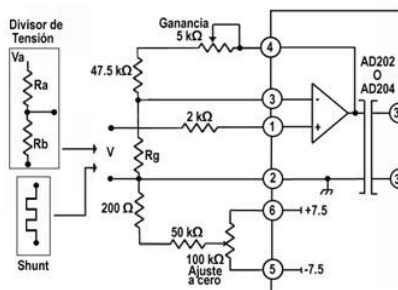
Dentro de la selección del mejor transductor de corriente para la aplicación, fueron estudiados y

analizados diferentes tipos de dispositivos: transformadores de corriente, sensores de efecto hall y resistencias *shunts*. Sus resultados fueron:

Los tradicionales transformadores de corriente con núcleo ferromagnético pueden ser muy precisos y robustos pero ellos pueden ser inapropiados para la medición de ondas distorsionadas, además de no poder ser utilizadas en presencia de corrientes dc.

Las populares resistencias *shunts* pueden contar con características muy atractivas tales como alta precisión y buen ancho de banda, pero sus dispositivos de aislamiento ya sean de acoplamiento magnético o electro ópticos pueden tener limitaciones con respecto al ancho de banda y producir en algunos casos errores significativos en amplitud.

Los sensores de efecto Hall pueden representar una buena alternativa en muchos casos, miden componentes dc y cuentan con un amplio ancho de banda, del orden de los MHz, pero tienen la desventaja que sus medidas dependen de la posición del hilo primario con respecto al eje del núcleo además de poder ser influenciados por campos magnéticos cerca del área de trabajo.

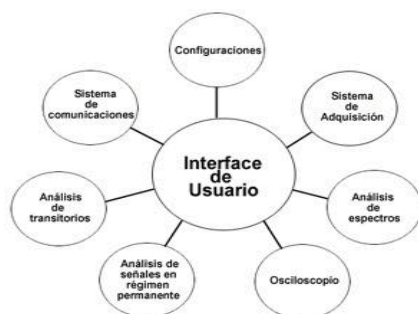


**Figura 3.** transductores de voltaje y corriente

El dispositivo seleccionado para la medición de corriente fue una resistencia *shunt* de 50 A/60 Hz que generan una salida de 35 mV a plena carga, la señal se acondiciona a través de un amplificador de aislamiento galvánico, AD202, trabajando en modo no inversor, su ganancia fue programada para obtener una salida de  $\pm 5$  V. Las características del amplificador son: salida bipolar  $\pm 5$  V, ganancia programable en un rango de 1 a 100 V/V,  $\pm 0.025\%$  máximos de no linealidad, 130 dB de CMR, nivel de aislamiento 2000 V pico. El circuito se observa en la figura 3.

### 2.3. Transductor de tensión

Los transductores de tensión fueron diseñados a partir de un divisor de tensión clásico que ajusta el nivel de tensión de 400 V AC/DC a un nivel de 40 mV, estas señales fueron acondicionadas a través del amplificador de instrumentación aislado AD202 trabajando en modo no inversor y cuya ganancia fue programada para obtener una tensión de  $\pm 5$  V, la figura 3 muestra el circuito.



**Figura 4.** Diagrama esquemático del software

### 3. El software

El conjunto de herramientas virtuales que conforman el software, se encuentran distribuido en cinco módulos como se observa en la figura 4.

Cada módulo cuenta con una serie de rutinas especializadas en el tratamiento de señales, que tendrán como objetivo presentar y dar solución al problema planteado por el profesor y que debe ser solucionado por

el estudiante. El sistema cuenta con instrumentos convencionales y especiales, los cuales se operan desde una interface gráfica, Los voltímetros, amperímetros, medidores de potencia, medidores de energía, osciloscopio forman el conjunto de instrumentos convencionales. Los analizadores de armónicos, transitorios, fasores, los medidores de torque, velocidad, energía y los programables son el grupo de medidores especiales.

Dentro de las características del software se pueden destacar: medición y observación de señales eléctricas y mecánicas en tiempo real, análisis de señales a través de gráficos programados por el operador, fácil configuración, conectividad a redes para poder monitorear el grupo de trabajo desde cualquier sitio de la red, además el sistema de adquisición cuenta con 2 salidas analógicas y 24 bit de entrada o salida para ejercer si así lo desea el profesor o el estudiante lazos de control, base de datos con los resultados de las prácticas desarrolladas. La figura 5 muestra la apariencia del software implementado en un arreglo de imágenes que dan idea del alcance de éste.



Figura 5. Alcance del software implementado

#### 4. Conclusiones

Las prácticas de operación de las máquinas eléctricas en régimen permanente y transitorio contaron con una mayor flexibilidad instrumental y con las ventajas de un procesamiento de datos rápido y exacto.

En las prácticas desarrolladas se obtuvieron mejores resultados frente a las tradicionales con un significativo ahorro de tiempo en la parte operativa.

Los costos del sistema implementado frente a otros productos similares de compañías internacionales fueron módicos. (US\$1500)<sup>1</sup>.

#### Referencias

- [1] Nicola Locci, S., Carlos Muscas. *Comparative Analysis Between Active and Passive Current Transducers in Sinusoidal and Distorted Conditions*. Volume 50, N° 1, 123-128 (2001)
- [2] Chee-Mun ONG, *Dynamic Simulation of Electric Machinery*, Prentice Hall, 1998.
- [3] National Instruments, *LabView 6i, Manuals*

---

<sup>1</sup> Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica de Pereira por el apoyo institucional al proyecto y reconocen la valiosa colaboración de la Facultad de Ingeniería Eléctrica; Jorge Juan Gutiérrez Granada y Álvaro Ángel Orozco Gutiérrez, Profesores Facultad de Ingeniería Eléctrica, Sandra Milena Pérez Londoño, Ingeniera Electricista, Universidad Tecnológica de Pereira