

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE PRUEBA Y CALIBRACIÓN, DE TARJETAS DE CONTROL DE TURBINAS DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA “SANTA ROSA”, PARA LA EMPRESA CELEC EP – TERMOPICHINCHA.

Christian I. Proaño Cárdenas

*Departamento de Operación – Central Termoeléctrica Jivino 3, CELEC E.P. - Termopichincha
San Pedro de los Cofanes, Ecuador*

Edwin A. Sarango Sarango

*Departamento de Mantenimiento – Central Termoeléctrica Santa Rosa, CELEC E.P. - Termopichincha
Quito, Ecuador*

Patricio Chico Hidalgo, MSc

*Departamento de Automatización y Control Industrial, Escuela Politécnica Nacional
Quito, Ecuador*

Resumen- Actualmente, las calibraciones de las tarjetas que forman parte del sistema de control de turbina Speedtronic, en las unidades de generación de la Central Termoeléctrica Santa Rosa; se las realizan de forma complicada; debido a que, para llevar a cabo las mismas, los usuarios recurren a un equipo robusto que únicamente sirve de fuente de alimentación externa para las tarjetas; además, son necesarios documentos de procesos de mantenimiento anteriores y manuales de las máquinas, haciendo el proceso complicado y demoroso; ya que el mismo demanda al menos una semana de trabajo. Por tal motivo, este proyecto implementa un sistema electrónico guiado de prueba y calibración, que facilite el trabajo en futuros procesos de calibración y sobre todo que permita a la empresa ahorrar tiempo y recursos.

El equipo es capaz de realizar pruebas a cada una de las tarjetas utilizadas en el proyecto, determinando su correcto funcionamiento; así como también, guiará al usuario en el proceso de calibración de las mismas; además, cuenta con una interfaz hombre máquina desarrollada en Labview que sirve como registrador de datos de todo el proceso.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema que controla las turbinas GE MS 5001, es el Speedtronic; el cual, está formado por tarjetas electrónicas analógicas; cuyos componentes, muy difícilmente son encontrados en el mercado actual, debido a esto, la empresa invierte los recursos necesarios para mantener dichas tarjetas en correcto funcionamiento mediante mantenimientos preventivos periódicos, los cuales se tornan complejos para algunos tipos de tarjetas; por lo que, surge la necesidad de contar con una herramienta electrónica moderna de calibración que ayude al personal de mantenimiento en estas labores; con el fin, de optimizar los recursos y sobre todo, el tiempo, que es muy importante; ya que, no se pueden tener inactivas las máquinas durante períodos de tiempo muy prolongados.

Además de lo expuesto, el sistema cuenta con una opción de prueba que cumple un papel importante en mantenimientos correctivos; ya que, con ésta se puede descartar o confirmar daños en determinada tarjeta, ayudando al personal a corregir el problema en el menor tiempo posible.

Finalmente, se desarrolla una HMI como complemento necesario ya que cuenta con información importante y necesaria para el personal de mantenimiento.

II. TURBINAS PARA SERVICIO PESADO GENERAL ELECTRIC MS 5001

La Central Termoeléctrica Santa Rosa de la empresa CELEC EP, tiene instalada una potencia nominal de cada generador de 17 MW, voltaje nominal 13.8 KV; y dos de sus tres unidades tienen la capacidad de trabajar como compensadores sincrónicos.

La generación de energía eléctrica se la realiza mediante un sistema que tiene como parte fundamental las turbinas a gas marca General Electric, modelo MS5001. El principio de funcionamiento de dichas turbinas es el llamado Ciclo de Brayton y se lo describe a continuación.

A. Ciclo de Brayton

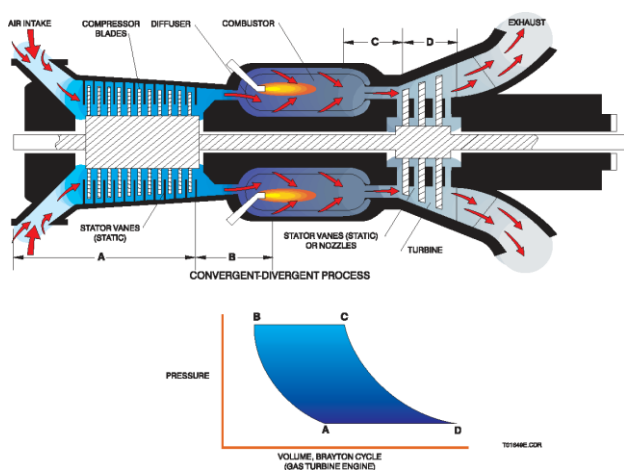


Fig. 1. Ciclo de Brayton

En las máquinas de turbinas a gas se llevan a cabo cuatro procesos (ver fig. 1). Estos procesos, descritos por primera vez por George Brayton y llamados en su conjunto ciclo de Brayton, se dan en todas las máquinas de combustión interna. Las etapas del ciclo de Brayton son las siguientes:

- La compresión ocurre entre la entrada y la salida del compresor (Línea A-B). Durante este proceso, la presión y la temperatura del aire aumentan.
- La combustión ocurre en la cámara de combustión donde el combustible y el aire se mezclan en proporciones explosivas y esta mezcla es encendida. La añadidura de calor origina un violento aumento del volumen (Línea B-C).
- La expansión se da cuando el gas caliente es acelerado desde la cámara de combustión. Los

gases a presión constante y volumen aumentado, ingresan en la turbina y se expanden a través de la misma. Se produce una repentina disminución de presión y temperatura (Línea C-D).

- La descarga se da en el escape de la máquina con una fuerte caída en volumen y a presión constante (Línea D-A).

El número de etapas de compresión y la distribución de las turbinas que convierten la energía del gas caliente acelerado en energía mecánica son variables del diseño. Sin embargo, la operación básica de todas las turbinas de gas, es la misma.

III. SISTEMA DE CONTROL SPEEDTRONIC MARK II

El sistema electrónico Speedtronic está diseñado para controlar y proteger las turbinas de gas para servicio pesado General Electric MS 5001.

El sistema de control Speedtronic utiliza sensores para monitorear cada cambio en los parámetros vitales y realimentar los circuitos para proveer un modo de lazo cerrado de control que casi no tenga una banda inactiva.

Entre los sistemas vitales de la turbina que controla el Speedtronic, se encuentran los de temperatura, velocidad, sistemas de protección, vibración etc. Para este proyecto se trabaja con cinco tarjetas de control que son parte de todo el sistema Speedtronic.

A. Tarjeta SVSE (Velocidad)

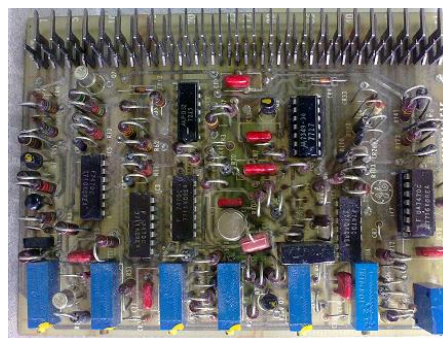


Fig. 2. Tarjeta Electrónica SVSE

Esta tarjeta es la encargada de monitorear la velocidad del eje de la turbina y generar señales de control para determinadas acciones como la dosificación del flujo de combustible, procesos de arranque y parada de la turbina, entre las más importantes.

B. Tarjeta STKJ (Temperatura)



Fig. 3. Tarjeta electrónica STKJ

Esta tarjeta realiza la función de compensación de temperatura y amplificación de una señal de termocupla de Chromel – alumel (las termocuplas se encuentran ubicadas en el escape de la turbina). La señal amplificada debe ser de 0 a 6.5 Vdc para 0 °F a 1300 °F medidos en su salida. Esta señal puede ser mostrada como temperatura por un visualizador digital o analógico conectado desde la salida exclusiva para medidor con la que cuenta esta tarjeta.

C. Tarjeta VMPA (Protección Principal)

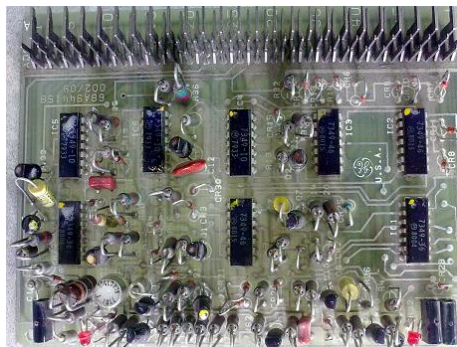


Fig. 4. Tarjeta electrónica VMPA

La tarjeta VMPA básicamente, realiza tres funciones siguientes:

1. Lleva a cabo una comprobación del sistema antes de entregar una señal de arranque, es decir, comprueba que los equipos vitales de la turbina, su equipo impulsor, el panel Speedtronic y el centro de control del motor Detroit estén en estado correcto, y/o tengan corriente disponible.

2. Realiza las comprobaciones y da autorización durante el periodo de arranque. Si en cualquier momento después que se ha dado la señal de arranque, algún sistema vital falla o la VMPA detecta que la turbina no está funcionando bajo condiciones seguras, desconecta la misma. La turbina queda inmovilizada para impedir un

nuevo arranque, antes de que se encuentre la condición de desconexión y se corrija el problema.

3. Protege la turbina durante el arranque o en modo de funcionamiento. La falla de cualquiera de los circuitos protectores o la remoción de tarjetas Speedtronic vitales pueden resultar en una desconexión.

D. Tarjeta SVDC (Vibración)



Fig. 5. Tarjeta electrónica SVDC

Esta tarjeta tiene la función de sensar el nivel de vibración proveniente de un medidor de velocidad de vibración y encender un circuito retenedor si la vibración excede un nivel predeterminado. Determina continuidad en la entrada y advierte condición de: circuito abierto o cortocircuito.

El pulsador ubicado en el frente de la tarjeta, sirve para borrar las condiciones de falla y circuitos retenedores de exceso de vibración.

E. Tarjeta SFUA (Combustible)



Fig. 6. Tarjeta electrónica SFUA

La tarjeta de control del flujo de combustible realiza tres funciones básicas:

1. Monitorea la velocidad del repartidor de flujo de combustible, y genera una señal de flujo de combustible

actual (FFN) que es proporcional a la velocidad del repartidor de flujo.

2. Emite una señal de alarma si la diferencia entre las señales de los dos captores magnéticos es mayor que un cierto porcentaje

3. Genera una señal para desconectar la turbina antes de que alcance la velocidad de aceleración, si la señal correspondiente a los gpm (galones por minuto) de flujo es mayor que la referencia predeterminada en dicha tarjeta.

IV. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE PRUEBA Y CALIBRACIÓN.

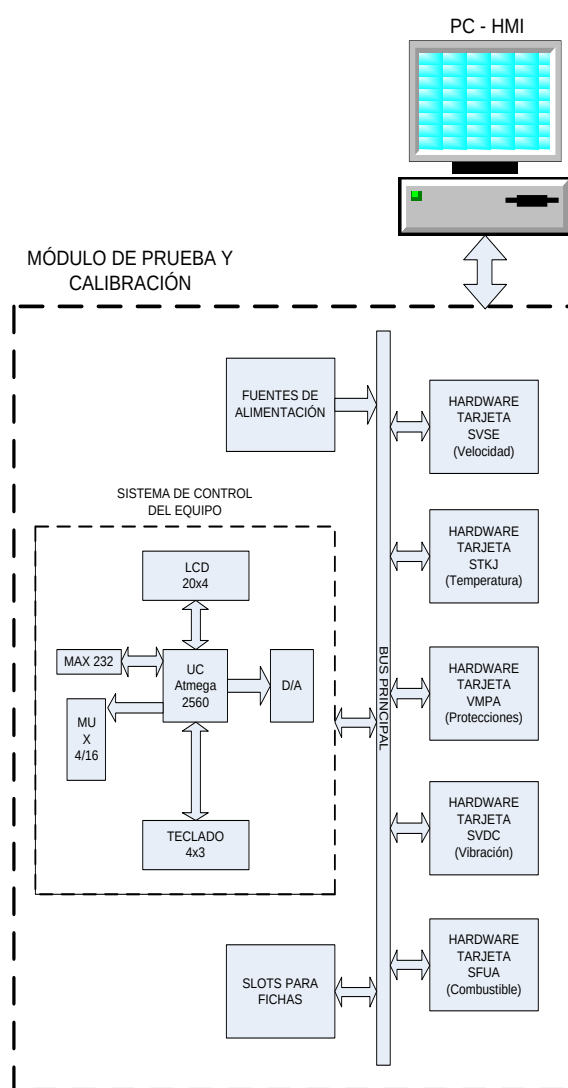


Fig. 7. Diagrama en Bloques del Equipo.

El sistema de prueba y calibración diseñado se compone de ocho partes fundamentales para el correcto funcionamiento del mismo. Trabaja con una tarjeta de alimentación, una tarjeta de control, cinco tarjetas que

prueban o calibran las tarjetas de control del Speedtronic y una tarjeta de racks llamado bus principal.

A. Tarjeta de Alimentación

El equipo de prueba y calibración requiere varios tipos de fuentes; entre éstas, de voltaje para valores de +5V, +12V, -12V y +28V; las mismas que alimentan cada una de las tarjetas de control a ser calibradas y el sistema de control del módulo.

Para el efecto se utiliza el diseño común y característico de las fuentes de alimentación de voltaje, cuyo diagrama funcional se muestra en la siguiente figura:

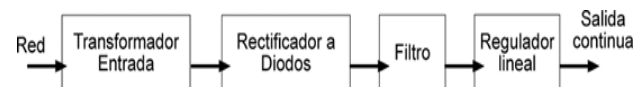


Fig. 8. Diagrama funcional de la fuente de alimentación.

B. Tarjeta de Control

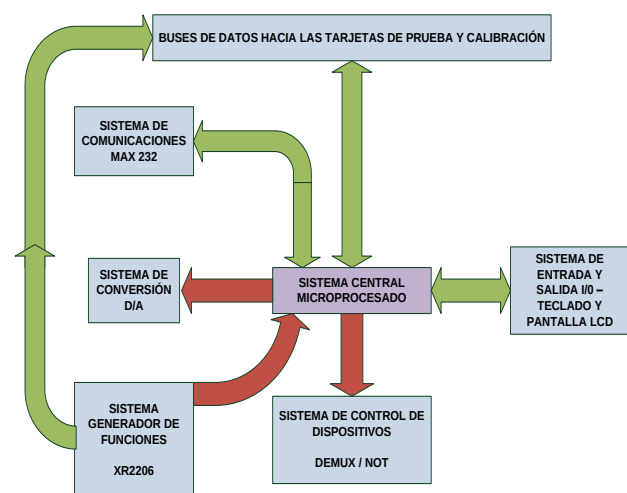


Fig. 9. Diagrama en Bloques de la Tarjeta de Control.

La tarjeta de control del módulo tiene como base el microcontrolador Atmega 2560, cuenta con un sistema de entrada por teclado y salida por LCD, además tiene un hardware de control de dispositivos comandado por un decodificador. Trabaja con un circuito de conversión digital / analógico, con un generador de funciones y un módulo de comunicaciones con la PC.

Además, la tarjeta de control se comunica con sus diferentes periféricos y con las otras tarjetas por medio de buses bidireccionales.

C. Tarjeta de prueba o calibración SVSE

El sistema de prueba y calibración implementado para esta tarjeta basa su funcionamiento en la simulación de velocidad de la turbina por medio de un rango de voltaje de 0 a 10 VDC, para el rango de velocidad de 0 a 5100 RPM respectivamente. De esta manera, según el relé sobre el cuál se trabaja, se ingresa señal que simule velocidad y se leen las diferentes salidas con el fin de determinar el correcto funcionamiento de la tarjeta, así como también su posterior calibración.

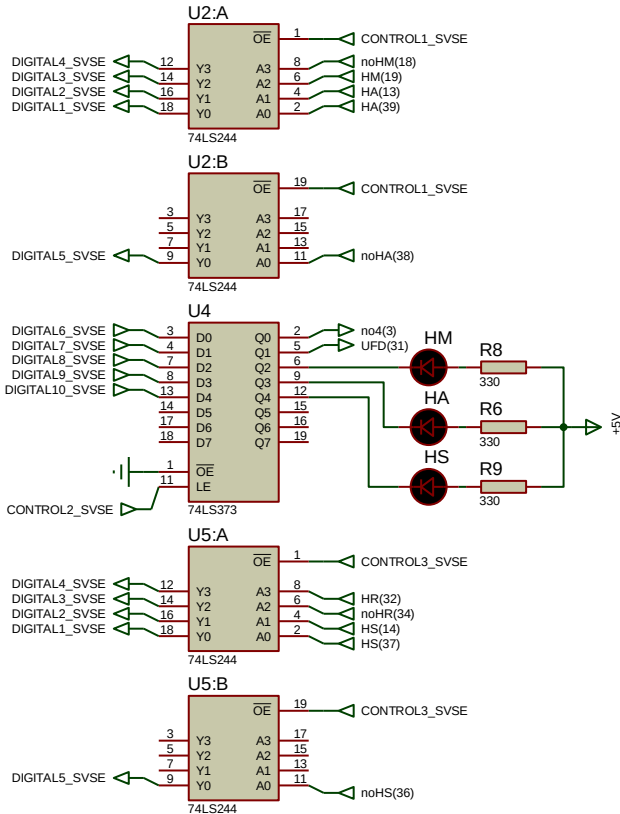


Fig. 10. Hardware de prueba y calibración de la tarjeta SVSE.

D. Tarjeta de prueba o calibración STKJ

El sistema de prueba y calibración implementado para esta tarjeta, utiliza simulaciones de señales de temperatura de la turbina por medio de un rango de 14 mV a 26mV; de esta manera, según la temperatura sobre la cuál se trabaja, se ingresa la señal que simule la temperatura y se analizan las diferentes salidas con el fin de determinar el correcto funcionamiento de la tarjeta, así como también, su posterior calibración.

E. Tarjeta de prueba o calibración VMFA

El sistema de pruebas implementado para esta tarjeta, se basa en sistemas digitales; ya que todas las pruebas son a nivel TTL. El microcontrolador genera paso a paso las señales involucradas en los sistemas vitales de la turbina.

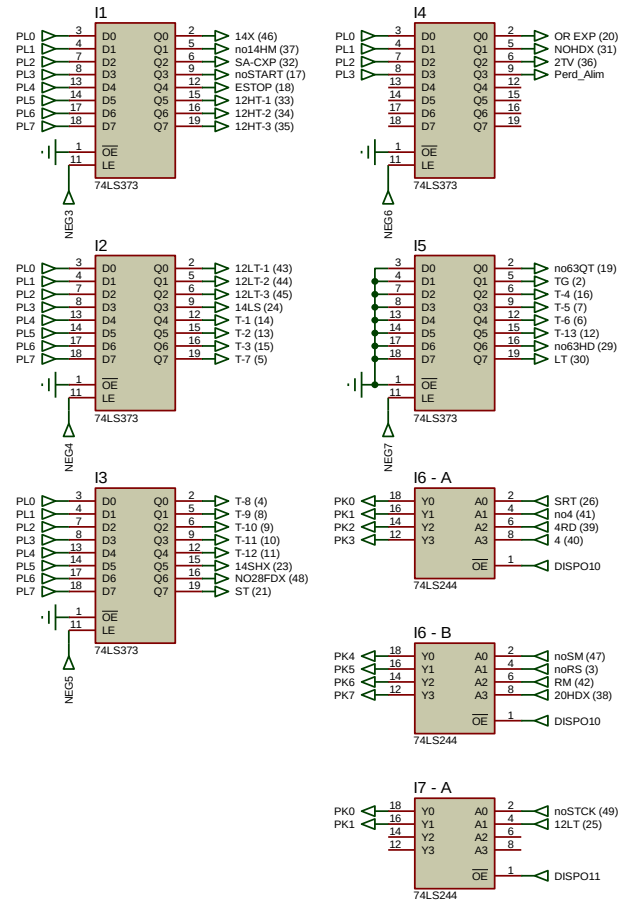


Fig. 11. Hardware de prueba para la tarjeta VMFA.

F. Tarjeta de prueba o calibración SVDC

El sistema de prueba y calibración para la tarjeta SVDC, basa su funcionamiento en la simulación de vibración por medio de una señal senoidal de frecuencia constante pero amplitud variable. Dicha señal viene por medio del bus de control de la tarjeta principal del módulo; la misma que pasa a través de circuitos multiplexores analógicos controlados con el fin de mantener aislado el sistema cuando se trabaje con otras tarjetas.

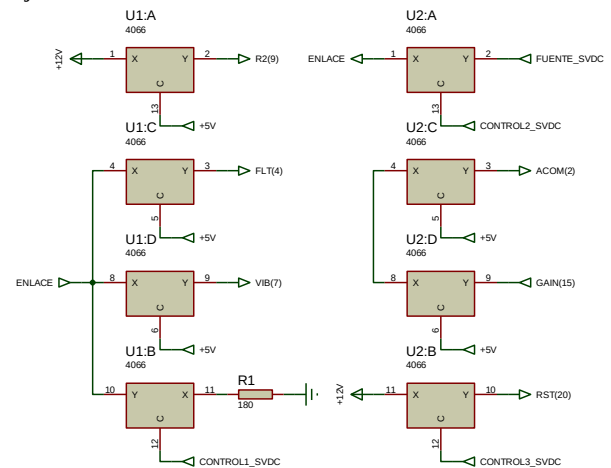


Fig. 12. Hardware de control y aislamiento para la tarjeta de prueba y calibración SVDC

G. Tarjeta de prueba o calibración SFUA

El sistema de prueba y calibración para la tarjeta SFUA, funciona al ingresar una señal senoidal de amplitud fija pero frecuencia variable, que simule velocidad del flujo del combustible, proveniente de la tarjeta de control del módulo; para de esta manera determinar las distintas respuestas en las salidas.

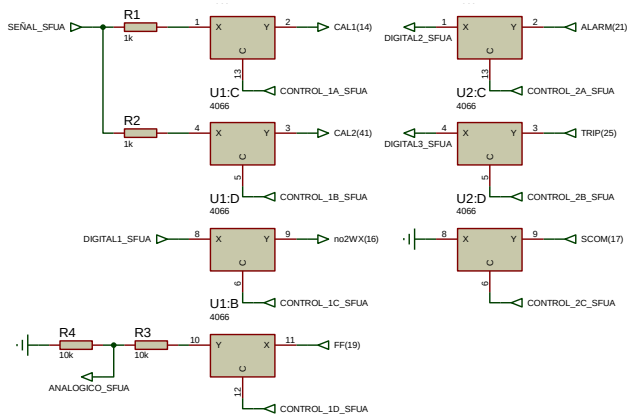


Fig. 13. Hardware de control y aislamiento para la tarjeta de prueba y calibración SFUA.

H. Interfaz desarrollada en Labview

La Interfaz se la desarrolló en Labview, y cuenta con la información necesaria de cada una de las tarjetas para el operador; así como también, la información requerida por la empresa y las funciones que el personal consideró convenientes y de ayuda para su trabajo diario con estos sistemas.



Fig. 14. Pantallas de la Interfaz desarrollada en Labview.

V. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para comprobar el correcto funcionamiento del equipo de prueba y calibración; se realizan las distintas pruebas a cada uno de sus componentes utilizando las tarjetas de control de las turbinas reales.

A. Conversión Digital / Analógico

El hardware de conversión digital analógica, esta formado por el circuito integrado DAC0808LCN con resolución de 8 bits, un circuito Latch SN74LS373N, un amplificador operacional TL084, un circuito referencia de voltaje LT1019: de 10 V para la referencia del DAC, y de 5 V para la referencia del microcontrolador.

TARJETA SVSE			
Datos Digitales	Voltaje Requerido (V)	Voltaje Medido (V)	Error (%)
00000000	0,00	0,00	0,00%
00111100	2,50	2,51	0,40%
01010011	4,70	4,75	1,05%
10101101	9,40	9,47	0,74%
11111111	10,00	9,98	-0,20%

Tabla 1. Análisis de voltajes del conversor digital/analógico para SVSE.

TARJETA STKJ			
Datos Digitales	Voltaje Requerido (mV)	Voltaje Medido (mV)	Error (%)
01000000	14,14	14,16	0,14%
01000000	25,92	26,00	-0,31%

Tabla 2. Análisis de voltajes del conversor digital/analógico para STKJ.

B. Generador de Funciones

El hardware de generación de funciones basa su operación en el circuito integrado XR-2206, y el sistema de prueba y calibración, utiliza la forma de onda senoidal de dicho generador para los procesos realizados a las tarjetas SVDC (vibración) y SFUA (combustible).

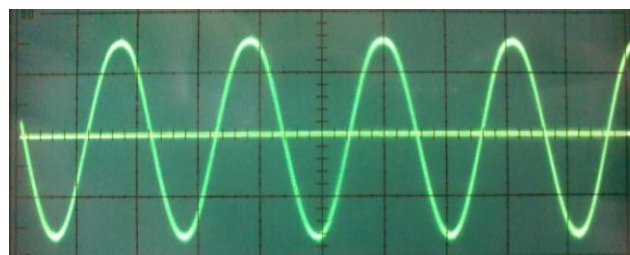


Fig. 15. Forma de Onda Senoidal obtenida por el generador de funciones.

C. Medición de Amplitud y Frecuencia

Para la medición de amplitud y frecuencia de la señal senoidal, se utilizan amplificadores operacionales para detectar cruces por cero y para acondicionar las señales a sus distintas aplicaciones.

Para la medición de frecuencia, se utiliza el amplificador operacional LM358 con referencia a cero,

con el que se realiza un detector de cruces por cero, y esta onda cuadrada ingresarla al microcontrolador, medir el tiempo en alto del pulso, y de esta manera determinar la frecuencia de la señal senoidal equivalente a la cuadrada.

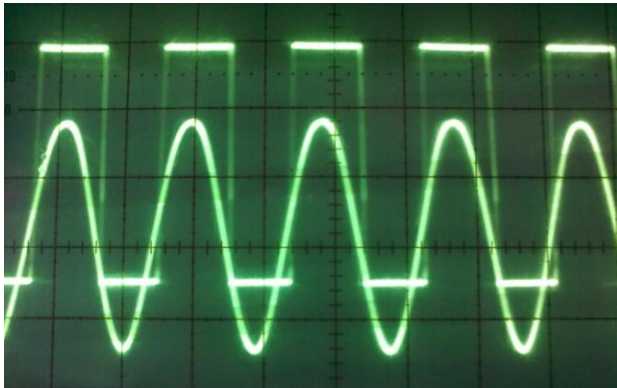


Fig. 16. Forma de Onda Cuadrada resultado del detector de cruces por cero.

FRECUENCIA			
Frecuencia Senoidal Medida (Hz)	Frecuencia Cuadrada Medida (Hz)	Frecuencia Mostrada en el LCD (Hz)	Error (%)
10	10	10	0,00%
50	48	51	-1,96%
84	82	83	1,20%
100	102	102	-1,96%
1000	1010	1008	-0,79%
2000	2005	2010	-0,50%
3000	3008	3015	-0,50%
3600	3630	3635	-0,96%

Tabla 3. Análisis de medición de frecuencias.

TARJETA SVDC			
Amplitud en el Generador (mV)	Amplitud en la salida del Amplificador (V)	Amplitud Mostrada en el LCD (mV)	Error (%)
10,00	0,15	0,00	
50,00	0,75	51,50	-2,91%
100,00	1,57	102,00	-1,96%
150,00	2,30	152,00	-1,32%
200,00	3,10	202,00	-0,99%

Tabla 4. Análisis de amplitud de la señal senoidal para SVDC.

TARJETA SFUA		
Amplitud en el Generador (V)	Amplitud Mostrada en el LCD (V)	Error (%)
1,00	1,02	-1,96%
2,00	1,98	1,01%
3,00	3,06	-1,96%
4,00	4,05	-1,23%

Tabla 5. Análisis de amplitud de la señal senoidal para SFUA.

D. Sistema de prueba y calibración para la tarjeta SVSE

En el sistema de prueba y calibración SVSE, debido a la característica de histéresis propia de la tarjeta; se detectó un problema en el procedimiento de calibración, ya que se encontraba muchas veces enganchado al relé de velocidad a ser calibrado en determinado momento. Se resolvió este problema con un cambio en el software al pedir al usuario desenchavar dicho relé manualmente, y de

esta manera poder calibrar la tarjeta de la mejor manera posible.

E. Sistema de prueba y calibración para la tarjeta STKJ

El sistema de prueba y calibración STKJ fue el más complejo de todos debido a su hardware; ya que está compuesto por amplificadores operacionales comunes, multiplexores analógicos y amplificadores de instrumentación. Al final de todas las pruebas, se logró el correcto funcionamiento del sistema.

F. Sistema de prueba y calibración para la tarjeta VMPA

En el sistema de prueba de la tarjeta VMPA se encontró un problema específico; ya que dicha tarjeta utiliza todos los pines a diferencia de las otras que únicamente trabajan con 5 a 10 pines, lo que ocasiona interferencia en el funcionamiento de las demás. Cabe mencionar, que este problema se lo consideró en el diseño, y se lo resolvió cortando la alimentación de todos los circuitos integrados cuando la tarjeta de prueba se encuentre inactiva en el sistema, pero se descubrió que los chips utilizados en esta etapa del proyecto, presentan cierta resistencia aun cuando no estén alimentados, y esto de muchas maneras afectó el funcionamiento de los otros componentes del sistema. Finalmente se resolvieron estos problemas aislando los pines según su funcionamiento.

G. Sistema de prueba y calibración para la tarjeta SVDC

El sistema de prueba y calibración para la tarjeta SVDC basa sus mediciones en las salidas analógicas de la tarjeta, acondicionadas por divisores de voltaje; y que representan los niveles de vibración y valor de referencia, con los que se trabaja en éste sistema.

H. Sistema de prueba y calibración para la tarjeta SFUA

Para el sistema de prueba y calibración de la tarjeta SFUA, se utiliza un único canal analógico de medición, que al igual que los otros casos es acondicionado por un divisor de voltaje; y que es equivalente a la cantidad de combustible.

I. Interfaz desarrollada en Labview

La interfaz gráfica desarrollada en Labview de la National Instrument no presentó ningún problema de funcionamiento, sin embargo, se realizaron un par de pruebas, y se confirmó el buen funcionamiento del

mismo, por lo que se concluyó con esta etapa del proyecto.

VI. CONCLUSIONES

- El sistema de prueba y calibración para tarjetas de control de turbina elaborado en el presente proyecto, funciona correctamente, y realiza las distintas pruebas de funcionamiento a las diferentes tarjetas de control involucradas; así como también guía al usuario en el proceso de calibración, detallando cada paso a seguir en el mismo.
- El módulo de prueba y calibración por medio de su sistema principal, el microcontrolador Atmega 2560, simula todas las características de operación y posible falla de la turbina para servicio pesado MS5001.
- El módulo de prueba y calibración es escalable, por lo que se puede incorporar software y hardware para diagnóstico y calibración de otras tarjetas del sistema Speedtronic; dicho hardware, puede ser insertado en los slots libres de la tarjeta de racks.
- Las señales implementadas para la tarjeta SVSE, se comportan de manera similar a las señales provenientes de los sensores de velocidad de la turbina; por lo que permite al usuario calibrar de una mejor manera los distintos relés de velocidad del sistema.
- La calibración de la tarjeta electrónica STKJ demanda mucho tiempo para el personal de mantenimiento de la Central Santa Rosa; por lo que el módulo de prueba y calibración implementado optimiza estos tiempos, ya que entrega las polarizaciones y las señales necesarias sin la utilización de fuentes externas, y además guía al usuario en cada etapa del proceso.
- El módulo de prueba y calibración permite de manera satisfactoria, diagnosticar y calibrar los dos canales de la tarjeta SFUA por separado, permitiendo encontrar algún posible defecto que se esté enmascarado al trabajar los dos canales a la vez.
- La tarjeta electrónica SVDC, sensor de vibración, necesita de una señal en el orden de los milivoltios para ser manejada, misma que fue generada con el circuito integrado XR-2206; pero en estas amplitudes, se presenta inestabilidad de la señal; para disminuir este problema se utilizan capacitores

de poliéster en lugar de los cerámicos dentro de la circuitería necesaria para dicho circuito integrado.

- La tarjeta electrónica VMPA es completamente digital, por lo que no se puede calibrar; solo se diagnostica su funcionamiento colocando estados lógicos en la secuencia correcta, y leyendo sus salidas por medio del microcontrolador.
- El módulo de prueba y calibración simula correctamente cada una de las señales que genera el sistema Speedtronic en los procesos de arranque, funcionamiento y parada de la turbina; además de señales de fallas que podrían darse en dichos procesos. Con todas estas señales se realizan las pruebas de funcionamiento a la tarjeta VMPA.
- La HMI desarrollada en LabView funciona correctamente, es amigable al usuario, presenta información de la tarjeta, detalle de pines y del proceso; además muestra los valores finales de calibración de cada tarjeta, permitiendo, sí se requiere, generar un archivo .txt de reporte con estos valores, la fecha y hora en que se realiza la calibración.
- Para realizar las etapas de calibración, se toma como base la información técnica obtenida de los mantenimientos anuales, misma que muestra los valores y las tolerancias a los que se deben ajustar los diferentes parámetros. El módulo de prueba y calibración cumple con estos valores y con las tolerancias permitidas con un mínimo error.
- El diseño y desarrollo del sistema de prueba y calibración, efectuado en el presente proyecto, es aplicable para cinco de las tarjetas principales del módulo de control Speedtronic, presente en la turbinas para servicio pesado General Electric MS5001, utilizadas en la Central Santa Rosa como parte del proceso de generación de energía eléctrica. El módulo desarrollado permitirá a la empresa CELEC EP el ahorro de recursos en los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de control Speedtronic.

RECONOCIMIENTOS

Es necesario extender un sentido agradecimiento a todas las personas que formaron parte de una u otra forma de la realización de este proyecto. En especial al MSc. Patricio Chico nuestra guía y ayuda en todo el proceso.

REFERENCIAS

- [1] **CREUS SOLE**, Antonio; Instrumentación Industrial. Séptima Edición. Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V. México. 2006.
- [2] **VALENCIA B.,**Ramiro; Aplicaciones Electrónica con Microcontroladores, Imprenta Graficolor, Ibarra, 2008.
- [3] **GENERAL ELECTRIC**, Entrenamiento del Operador del TM2500 MOE, 2010.
- [4] **BURBANO**, Vladimir; **CHICAIZA**, Marco, Procesos Central Guangopolo y Central Santa Rosa – CELEC EP, Quito – Ecuador.
- [5] **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial; BASCOM AVR, 2009-2010.
- [6] **BOYLESTAD**, Robert. **NASHELSKY**, Louis; Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. Octava Edición. PRENTICE HALL INC, México, 2003.
- [7] **DATASHEET ARCHIVE**, LT1019-X
<http://www.datasheetarchive.com/LT1019-5-datasheet.html>
- [8] **ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**, Adquisición de datos
http://www.idiazt.net/adquisicion_files/Practica%202_DAC0808.pdf
- [9] **ALL DATASHEETS**, HCF4066B
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/22378/STMICROELECTRONICS/HCF4066B.html>.
- [10] **DATASHEET CATALOG**, AD620
http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/analogdevices/105505445AD620_e.pdf
- [11] **GENERAL ELECTRIC**, Manual de Controles para Turbinas de Gas. MARK II Speedtronic 1 y 2 Ejes. Central Termoeléctrica “Santa Rosa”, Versión Inglés y Español, Maracaibo, 1981.
- [12] **AEG - KANIS**, Speedtronic MS 5001 Mark II. Einstellvorschriftund Karteninnenschaltbilder. Central Termoeléctrica “Santa Rosa”, Versión Alemán e Inglés.

BIOGRAFÍAS

CHRISTIAN PROAÑO



Nació en Quito el 11 de abril de 1984. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Nacional Mejía, sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional culminando la carrera de Ingeniería en Electrónica y Control. Ha obtenido suficiencia en el idioma inglés (EPN - CEC), ha culminado los módulos CCNA de Cisco, ha realizado cursos de Labview, Intouch, Matlab, Domótica e Innótica, Microcontroladores, Robótica Industrial, Mecatrónica y Automatización, Diseño de Páginas Web, Sistemas Eléctricos y Mecánicos de Motores Wärsila 12V46 y Auxiliares, Automarización de Subestaciones IEC 61850, entre otros. Actualmente trabaja como Supervisor de Operación a tiempo completo en la Central Jivino 3 de la empresa CELEC E.P. - Termopichincha y prestando servicios profesionales a varias empresas.



EDWIN SARANGO

Estudió en el Colegio Central Técnico de Quito, en la carrera industrial de Electrónica. Sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional los combina con su trabajo de técnico en mantenimiento

electrónico, en el cual tiene ocho años de experiencia. Ha trabajado en SERMATEC, Centro de Servicio Autorizado por Sony Inter – American, S.A. y en Termopichincha Sub Estación Santa Rosa. Actualmente se encuentra trabajando como Supervisor Electrónico a tiempo completo en la Central Santa Rosa de la empresa CELEC E.P. – Termopichincha.

PATRICIO CHICO HIDALGO, MSc.

Ingeniero en Electrónica y Control, Escuela Politécnica Nacional, 1987 Master of Science in Electrical Engineering, University of Texas at Arlington, USA, 1994

Actualmente trabaja como Profesor Principal a tiempo completo en el Departamento de Automatización y Control Industrial en la Escuela Politécnica Nacional.

Sus áreas de interés son la Electrónica de Potencia, la Conversión Estática de Energía Eléctrica, los Sistemas Microprocesados, y la Microelectrónica.