

TÍTULO: Sistema automatizado para la realización de pruebas funcionales a las protecciones electrónicas CELCOR.

TITLE: Automatic system for performance testing to CELCOR electronic protections.

AUTORES:

Ing. Rodolfo García Bermúdez.
Dr.C. Carlos Batista Rodríguez.

PAÍS: Cuba

RESUMEN:

Se realiza el diseño e implementación de un sistema automatizado que permite hacer las pruebas funcionales a las protecciones electrónicas por sobrecorriente para equipos de refrigeración producidas en el Laboratorio Científico Productivo perteneciente a la Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Para ello se realizó un estudio de las especificaciones funcionales que reclama el fabricante de las protecciones, que hizo posible definir un grupo de pruebas que verifican dichas especificaciones, se emplean módulos de adquisición de datos conectados por medio de una interfaz RS485 a la computadora y se hizo el diseño de la electrónica necesaria para la adaptación de las señales a estos módulos. El sistema informático permite realizar las pruebas a seis protecciones al mismo tiempo, cuyos resultados son almacenados en una base de datos. Adicionalmente puede realizarse la caracterización de los transformadores de corriente utilizados como sensores en las protecciones. El sistema realiza un grupo de pruebas que son imposibles de forma manual, eleva la productividad de los técnicos, disminuye los costos asociados al consumo de electricidad y permite que al 100% de las protecciones que salen al mercado se le verifiquen todas sus especificaciones funcionales.

PALABRAS CLAVES:

PRUEBAS FUNCIONALES, AUTOMATIZACIÓN, PROTECCIONES ELECTRÓNICAS.

ABSTRACT:

The design and implementation of an automatic system is made, which allows doing performance tests to the over current electronic protections for refrigerating machines produced at the Science and Production Lab in the University of Holguín "Oscar Lucero Moya". A study of the functional specifications granted by the manufacturer made possible to define a set of tests which verify these specifications. Data acquisition modules connected via an RS485 interface to the PC was used in conjunction with the necessary electronic for signal conditioning. The system is able to test six protections or characterise six current transformers (used as current sensor) simultaneously,

and the results are stored in a database. A set of test that can't be performed manually, are achieved by the software and hardware, increasing the productivity and decreasing the associated costs of electric consumption, assuring that the 100% of the protections are tested before getting into the market.

KEY WORDS:

PERFORMANCE TESTS, AUTOMATION, ELECTRONIC PROTECTIONS.

INTRODUCCIÓN:

En la Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya" se desarrolla desde el año 1997 un proyecto de diseño y producción de protecciones electrónicas de equipos de refrigeración por sobrecorriente, con la marca comercial Celcor, estas protecciones son un producto barato, que protege a un equipo mucho más caro, por lo que un fallo en su funcionamiento puede traer consigo reclamaciones del cliente no por el valor de la protección sino por el del equipo afectado, amén de los daños provocados a la imagen del producto.

En el entorno de fabricación actual se le concede una gran importancia a las pruebas funcionales, enmarcadas dentro de los esfuerzos por obtener elevadas cotas de calidad en los productos, disminuyendo los costos por producción rechazada y protegiendo la imagen de ese producto en el mercado al garantizar que cumple con las especificaciones por las cuales se vende, las cuales sólo pueden ser realizadas con los niveles de precisión y repetibilidad a toda la producción por medios automatizados. Dependiendo de las características, costo y funciones del producto, la necesidad de realizar pruebas a este puede variar desde el caso de no hacer ninguna, si se trata por ejemplo de juguetes muy baratos, hasta realizar pruebas exhaustivas a toda la producción, en el caso de productos muy caros o empleados en aplicaciones críticas.

Las pruebas funcionales realizadas manualmente a las protecciones que se producen en la Universidad de Holguín no permiten hacer la caracterización completa de sus especificaciones funcionales, planteándose entonces el problema de cómo lograr realizar dichas pruebas a toda la producción del laboratorio, es por ello que se decide acometer la implementación de un sistema automatizado que diera solución a este problema.

MATERIALES Y METODOS:

Se utilizaron el **análisis** y la **síntesis** que permiten identificar los elementos que intervienen en el problema y la manera en que estos se interrelacionan e integran, el **hipotético deductivo** para la comprobación de la hipótesis planteada en este trabajo, la aplicación del método **histórico lógico** resulta de gran utilidad para evaluar las tendencias y evolución de la automatización y las pruebas funcionales. Utilizando las metodologías y softwares que existen al efecto se realizó la **modelación con enfoque sistémico** del sistema informático y de la circuitería electrónica a diseñar.

RESULTADOS DEL TRABAJO:

Las protecciones electrónicas por sobrecorriente CELCOR, fueron diseñadas con el objetivo de lograr la protección a equipos de refrigeración ante fallas de alimentación de diferentes tipos o fallas del motocompresor que puedan conducir a la elevación anormal del consumo de corriente del equipo, provocando que se quemen los devanados del motor eléctrico, su esquema en bloques se muestra en la figura siguiente:



La corriente de consumo del equipo a proteger es sensada por medio de un transformador de corriente, el cual entrega una señal de tensión a un comparador, que determina si dicho valor es superior al prefijado por el usuario por medio de un potenciómetro, y en ese caso activa una demora que provocará la desconexión del equipo durante un tiempo superior a 3 minutos, evitando entonces que este se queme.

Por lo tanto el fabricante asegura que se cumplen un grupo de especificaciones funcionales que definen el comportamiento de la protección ante cada una de las condiciones de falla:

1. El principio de funcionamiento es el sensado de la corriente que circula por los devanados del motor.
2. El tiempo de accionamiento ante una falla es inversamente proporcional a la corriente de falla.
3. No hay respuesta a las fallas impulsivas más comunes.
4. El tiempo de demora después de una falla (tiempo entre la desconexión y la reconexión) es superior a los tres minutos.
5. Existe la posibilidad de ajuste de la corriente para cada equipo de refrigeración en específico.

De estas especificaciones funcionales sólo es posible verificar manualmente la número 1 y la 4. Para lograr la verificación automatizada de la totalidad de las especificaciones los procedimientos de prueba deberán incluir:

- Determinación del tiempo de conexión al energizar la protección.
- Determinación de la corriente mínima y máxima con la que se produce la desconexión, según el extremo en que se encuentre el potenciómetro de ajuste de este parámetro.
- Medición del tiempo de desconexión para diferentes sobrecorrientes.
- Determinación del tiempo máximo de ausencia impulsiva de alimentación para el cual no se produce desconexión.
- Determinación del tiempo de reconexión luego de ocurrida una sobrecorriente.

Se determinó la conveniencia de realizar las pruebas en tres puntos de la cadena de montaje:

1. Caracterización transferencial de los transformadores de corriente empleados como sensores.
2. Caracterización funcional completa de las protecciones antes de montar en su caja.
3. Caracterización funcional limitada de las protecciones terminadas y en caja.

El transformador de corriente es producido artesanalmente en el propio centro productivo, por lo que no es posible garantizar la repetibilidad de sus parámetros funcionales, es por ello que adquiere gran relevancia su caracterización transferencial, que permite discriminar entre aquellos aptos para ser utilizados y los que deben ser desechados, además de efectuar su clasificación en dependencia del rango de corriente de medición en que podrán ser utilizados.

Otro momento importante en la cadena de montaje de las protecciones ocurre cuando todas las componentes están soldadas en la placa de circuito impreso, y sólo resta realizar los puentes exteriores y colocarlas en su caja, por lo que es posible realizar la caracterización completa de las especificaciones funcionales, descartando aquellas que no cumplan con estos requerimientos.

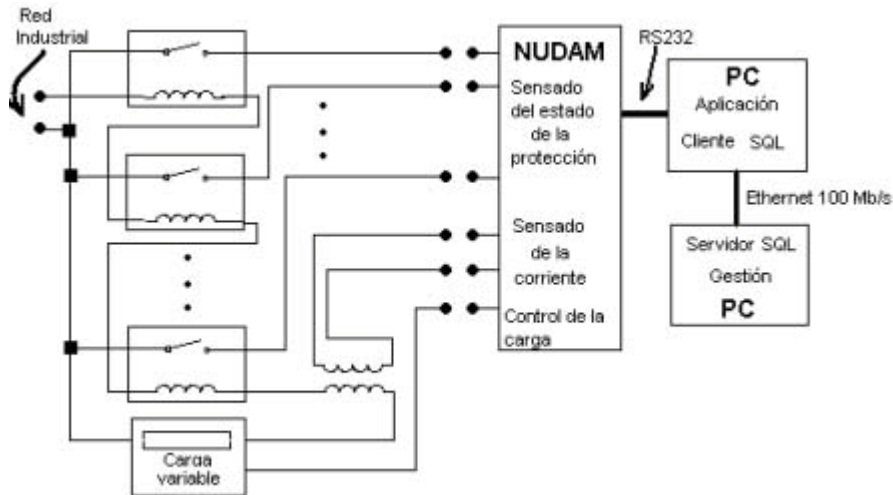
Por último se realiza el ensamblaje del circuito electrónico y los conectores en la caja, y en este momento se realiza la verificación final, previendo que en esta etapa se haya introducido algún defecto debido a las manipulaciones necesarias para ejecutar dicha tarea.

En realidad las verificaciones más complejas se realizan en la segunda etapa, donde ya la protección es funcionalmente completa y al mismo tiempo hay acceso al circuito permitiendo pruebas que no se pueden realizar cuando ya se ha montado en la caja.

El sistema informático que maneja las pruebas registra sus resultados en un servidor de bases de datos, que incluye otros elementos como el técnico que realizó la construcción del transformador, el montaje de la protección o la ejecución de las pruebas, qué componentes fueron empleadas, qué modelo de transformador y otros que permiten la realización de análisis estadísticos que relacionan la ocurrencia de fallas en el montaje de las protecciones con determinado técnico, o con la calidad de alguno de los componentes empleados, brindando asistencia en la toma de decisiones administrativas, la evaluación del desempeño de los técnicos o la elección de los suministradores.

Para la realización de las pruebas fue necesario diseñar e implementar la circuitería electrónica que maneja la corriente de carga aplicada a las protecciones, así como el sensado de las diferentes señales. El esquema en bloques se muestra en la siguiente figura:

Sistema automatizado para la realización de pruebas funcionales a las protecciones electrónicas CELCOR.



La conversión analógica digital, el control de la carga variable y otros parámetros que fueron medidos o controlados se realizaron utilizando módulos de medición industrial de una tecnología conocida como NUDAM, que son comercializados por ADLINK. Estos módulos se interconectan entre sí por una interfaz de comunicación serie RS485, de amplio uso en ambientes industriales y cuentan además con un conversor RS485-RS232 par su conexión a la computadora. La caracterización de los transformadores de corriente se realiza de forma similar, pero en lugar de sensar el estado de la protección se mide el valor de la tensión en el secundario de cada transformador. El circuito trabaja con 6 protecciones o transformadores de corriente a la vez.

La aplicación que realiza las pruebas se conecta como cliente a un servidor SQL montado en la PC que realiza la gestión económica del laboratorio científico productivo, salvando sus resultados en una base de datos implementada en dicho servidor.

Para el diseño de la circuitería electrónica se utilizó el ORCAD, que es un paquete integrado para el dibujo del circuito eléctrico, la simulación electrónica por medio del PSpice y el diseño de los circuitos impresos, con el consiguiente ahorro de recursos y tiempo en su implementación, esto hizo posible que se probaran por medio de la simulación distintas variantes, hasta encontrar el diseño adecuado.

El proceso de desarrollo del software se hizo utilizando RUP (Rational Unified Process) para lo cual se definieron los requerimientos del sistema que incluyen las necesidades funcionales y los procedimientos de pruebas a realizar. Esto permitió la definición de los casos de uso y actores del sistema que determinan el diseño de la aplicación y la base de datos a utilizar. La aplicación fue programada en C++ y para el manejo de la base de datos en arquitectura cliente servidor se empleó Microsoft SQL Server.

CONCLUSIONES:

El sistema puede valorarse positivamente en diferentes dimensiones: en recursos humanos, económica, comercial, medio ambiente y de la salud

humana entre otras, pues se logran ahorros sustanciales de tiempo que implican un menor gasto de recursos humanos, liberando a los técnicos de tareas monótonas y muy repetitivas, asimismo disminuyen los riesgos de accidente pues la persona que realiza las pruebas tiene que realizar menos manipulaciones con la red industrial. Las pruebas funcionales implican un elevado consumo de energía eléctrica, por la necesidad de simular equipos de refrigeración como carga por lo que también hay disminución del gasto de este recurso, que en Cuba se produce casi totalmente a partir de combustibles no renovables.

Muy importante, pero difícil de cuantificar es el efecto sobre la calidad del producto que se comercializa, al tener la posibilidad de establecer rangos de valores para los cuales se conoce que el 100 % de la producción terminada cumple, lo cual disminuye las posibilidades de malfuncionamiento y por lo tanto de retorno de las protecciones, con el consiguiente daño a la imagen de la marca, cuestión esta vital para este producto que es nuevo en un mercado donde por muchos años han estado marcas muy conocidas en el país, tanto cubanas como extranjeras; lo que implica también una disminución de los gastos por servicios de garantía y diagnóstico.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un nuevo estudio de mercado que permita refinar las especificaciones funcionales en base a la experiencia acumulada, pues el anterior fue realizado antes de comercializarse las protecciones.

También puede resultar importante realizar una segunda versión del sistema informático sobre el sistema operativo Linux, utilizando herramientas de programación y utilidades dentro de la categoría de software libre en sintonía con las decisiones estatales de favorecer su uso.

Por último deben realizarse otras pruebas a las protecciones además de las funcionales que incluyan aspectos como la seguridad para la vida de los usuarios por riesgos eléctricos, flamabilidad, resistencia a condiciones como las altas temperaturas, la humedad, etc.

BIBLIOGRAFÍA:

1. ADLINK Technology Inc. ND-6520 RS-232 to RS-422/RS-485 Converter. User's Guide. Taiwán: ADLINK EditionsI, 2001.
2. AirBorn Electronics. Test Procedures for new designs. [documento en línea] <http://www.airborn.com.au> [Consultado 23 nov. 2004]
3. Cazau, Pablo. Guía de Metodología de la Investigación [documento en línea] http://www.galeon.hispavista.com/pcazau/guia_met_01.htm [Consultado: 23 dic. 2004].

4. Collaborative Labelling and Appliance Standards Program. Elements of a good test procedure. [documento en línea] <http://www.clasponline.org> [Consultado: 15 ene.2005]
5. Cuba: Favorecerán el uso del sistema operativo Linux. [documento en línea] www.rebelion.org. [Consultado 18 may. 2005]
6. Forum de Ciencia y Técnica (13.: 2000: Holguín). Protecciones electrónicas por sobrecorriente / Arnoldo Martínez. Holguín; Universidad de Holguín, 2000. 12 h.
7. Herrera, Randall. Análisis y diseño de sistemas con el lenguaje de modelaje Unificado (UML). Santiago de Chile: Universidad Católica "Redemptoris Mater", 1999. 125 p.
8. Jacobson, Ivar. El Proceso unificado de desarrollo de software. New York: Ed. Adison Wesley. 2000. 304 p.
9. El Lenguaje unificado de modelado / Grady Brooch...[et. al.]. New York : Prentice Hall, 2003. 457 p.
10. León, Neysi. Investigación de mercado para las protecciones electrónicas por sobrecorriente para máquinas de refrigeración domésticas. Holguín; Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya", 2003. 97 h. (Tesis para optar por el título de Ingeniera Industrial).
11. National Instrument. Measurement and Automation. Catalog 2005.
12. Sistema Automatizado para el control de los inventarios de materias primas en los almacenes en la Empresa de Tabaco Torcido de Holguín. Tesis para optar por el título de Ingeniera Industrial. Tutor: Juan Luis Lalana. Universidad de Holguín. 2004.
13. Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. México: Prentice Hall Hispanoamérica, 1993. 478 p.
14. Ullman, J.D. Principles of Database Systems. New York : Computer Science Press, 1988. 366p.

DATOS DE LOS AUTORES:

Nombre:

Ing. Rodolfo García Bermúdez. Profesor Asistente.
Dr.C. Carlos Batista Rodríguez. Profesor Titular.

Correo:

rodolfo.garcia@facinf.uho.edu.cu
cbatista@facing.uho.edu.cu

Centro de trabajo:

Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya".

© Centro de Información y Gestión Tecnológica (CIGET), 1995. Todos los derechos reservados Última actualización: 29 de Marzo del 2010