

Sistema experto permitirá detección temprana de fallas en motores eléctricos mediante monitoreo de temperatura

• También identificará origen de falla y brindará soluciones

Marcela Guzmán O.
maguzman@itcr.ac.cr

Un estudio elaborado por BUN-CA (Fundación Red de Energía) en el 2007, da cuenta de que en ese momento en Costa Rica había alrededor de 70 mil motores eléctricos operando en la industria.

Más tarde, un proyecto de investigación desarrollado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), y apoyado en las bases de datos de los principales talleres de reparación de motores de la Gran Área Metropolitana (GAM), concluía que esos motores presentan, en promedio, cerca de tres mil fallas anualmente.

Cada vez que un motor se daña su eficiencia disminuye entre un 2 y un 5 por ciento y, según estudios de la IEEE, aunque se repare correctamente ya no funcionará igual en el futuro.

Sistema experto

Esa realidad llevó a investigadores del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) a promover la creación de un sistema experto, compuesto de hardware y software, que permita: a) la detección temprana de un problema en un motor eléctrico mediante el monitoreo de temperatura; b) la identificación del origen de la falla; y c) la generación de soluciones.

La creación de ese paquete tecnológico, denominado *Sistema Experto para Motores Asistido por Temperatura* (SEMAT), está a cargo de cuatro investigadores del TEC: Osvaldo Guerrero, quien coordina el proyecto (oguerro@itcr.ac.cr), y Luis Diego Murillo, de la Escuela de Ingeniería Electromecánica; y



Luis Ernesto Carrera y Geovanni Figueroa, de la Escuela de Matemática. El proyecto se desarrolla en el marco del programa de investigación eScience.

Los investigadores cuentan, además, con el respaldo de 60 empresas, entre las cuales están Gerber, Firestone, Holcim, Vicesa, Baxter, Kimberly, Amanco, Dos Pinos e Industrias Cárnicas. También Rename (Reparación de Motores de Costa Rica) y Electromotores. Su apoyo ha consistido principalmente en abrir sus puertas a los investigadores para que puedan conocer las condiciones de operación de los motores y tener una perspectiva de toda la problemática.

Fases del proyecto

Para lograr sus objetivos, los investigadores han sometido a experimentación una serie de motores en su estado normal, con el fin de caracterizar su comportamiento térmico, ya que en estado normal los distintos componentes de un motor deben estar a una temperatura específica. Los motores analizados son de distintas potencias, voltajes, tipo de carcasa y marca.

El ingeniero Osvaldo Guerrero hace una metáfora: el ser humano tiene una temperatura corporal que se considera normal. Si la temperatura se sale de ese rango, sobrevienen la fiebre o la hipotermia y eso indica que hay un problema.

El ingeniero Luis Diego Murillo explica que en la primera fase del proyecto se creó el

“banco de pruebas”, una serie de elementos de hardware y software que interactúan para someter el objeto de estudio –los motores– a condiciones controladas de experimentación. El banco permite determinar los parámetros de prueba, como son la intensidad y duración de las variables físicas y la reacción de los motores ante distintos estímulos, para luego comparar y clasificar esos estímulos.

Inducción de fallas

La segunda fase del proyecto, que está por comenzar, permitirá hacer la caracterización térmica de los motores. Esto les facilitará a los investigadores contar con un conjunto de datos en bruto, que luego tendrán que analizar.

Una vez que tengan esos datos para todos los motores en estudio, procederán a inducir las faltas que producen las fallas para saber qué ocurre técnicamente en cada uno de los componentes del motor: rodamientos, carcasa, núcleo y bobina.

Una falta es una condición anormal de operación del motor, por ejemplo un voltaje inadecuado (mayor o menor que el nominal). La temperatura interna de los devanados en operación usual se da a 60° C; si por ejemplo el voltaje disminuye en un 10 por ciento, la temperatura puede aumentar 15° C.

Las fallas son el resultado de una o varias faltas recurrentes que impidieron el correcto funcionamiento del motor (motor quemado o dañado) o de alguno de sus componentes.

Así, los motores se someterán a experimentación normal, primero, y luego con las faltas inducidas, para observar las variaciones. Según explicaron los ingenieros Guerrero y Murillo, las faltas también pueden producirse por la temperatura del cuarto donde están los motores, por desbalances de voltajes, engrase inadecuado y otros. Estas situaciones se inducirán a fin de hacer comparaciones, incluyendo la provocación de faltas de tal magnitud que lleguen a quemar el motor (falla) y producir un fallo definitivo.

Clasificación de problemas

Con toda la información recopilada a partir de las faltas provocadas, los investigadores, usando redes neuronales del software *Matlab*, podrán clasificar los problemas según el rango de temperatura en que se producen, que podría oscilar desde 10° C hasta 50° C más que la temperatura normal de operación.

El hardware permitirá monitorear las variables y el software determinará el origen de la falta. Por eso, se requiere de un sistema de clasificación muy fino, lo que se conoce como un *sistema experto*. De ahí la participación de matemáticos en el proyecto.

El matemático Geovanni Figueroa explicó que los datos recopilados en la primera fase les permitirán determinar unos parámetros

ligados a una ecuación diferencial, para modelar el funcionamiento del motor.

Agregó que con ese fin se utilizan adaptaciones de técnicas de optimización, como algoritmos genéticos y enjambre de abejas. Eso es, precisamente, lo que les permitirá la experimentación y, finalmente, hacer aportes al proyecto.

Soluciones

Con la información clasificada, será más fácil buscar la solución a la falla, por ejemplo, cambiar el tipo de lubricante utilizado, reponer determinado rodamiento, aumentar la ventilación del motor, etc.

Como resultado de este proyecto, el técnico podrá hacer mediciones con una pistola láser en puntos específicos externos del motor y de acuerdo con un protocolo, para posteriormente ingresar los datos a la computadora que cuenta con el software del sistema experto.

Se espera a futuro tener un dispositivo con sensores alámbricos o inalámbricos que se conectan al motor, cuyos datos serán enviados a la computadora (de escritorio o portátil); esta podrá detectar las faltas y su origen y brindar las soluciones requeridas mucho antes de que se produzca la falla y la salida de funcionamiento del motor. Se evitará así afectar la producción.

El dispositivo podrá ser utilizado por cualquier persona con conocimientos básicos de motores, ya que el sistema experto despliega una lista de recomendaciones que deben ejecutarse para corregir el problema detectado.

Actualmente existe un equipo comercial de este tipo, pero no es un sistema experto: su costo es cercano a los \$30 00,00 y detecta las faltas, pero no determina sus causas ni ofrece las soluciones. Para ello se requiere de un ingeniero o técnico experto en la disciplina que interprete la información y el costo por hora profesional es también considerable.

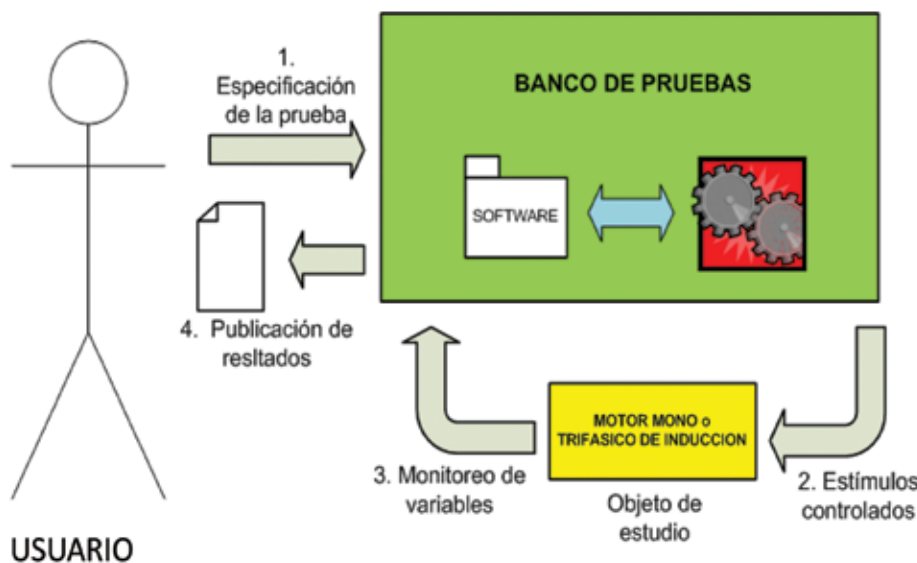
Uno de los objetivos del proyecto SEMAT es que el nuevo software esté disponible en un servidor del TEC, para que las empresas lo puedan utilizar de manera remota mediante una clave de acceso. Inicialmente se dará prioridad a las compañías que han participado en el proyecto.

Impacto de la investigación

La costumbre general en Costa Rica, en cuanto a mantenimiento de motores eléctricos, es sustituir o reparar el motor para evitar que se detenga la producción. Pero se deja de lado analizar cuál fue el origen de la falla. En algunas ocasiones se utilizan equipos que se fijan al motor para hacer el monitoreo de la falta; esto lleva a la empresa a depender del experto que hace el análisis, quien no siempre está disponible. Por lo general, se programan planes de inspección cada tres o seis meses, que resultan costosos.

Con la creación de este paquete tecnológico, los investigadores del TEC buscan que la detección de fallas se haga rápidamente y a un costo menor de lo que es actualmente. Por otra parte, al poder prevenir las fallas, porque se conoce su origen, no será necesario detener la producción y esto aumentará la competitividad de la empresa. ■

(*) Marcela Guzmán Ovares es comunicadora de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Es la editora de la revista *Investiga.TEC*. Tiene títulos de bachillerato y licenciatura en ciencias de la comunicación colectiva, así como una maestría académica en comunicación, todos de la Universidad de Costa Rica. Se ha especializado en la comunicación pública de la ciencia y es miembro de la Red de Comunicación de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (RedCyTec) de Costa Rica.



Diseño conceptual del proyecto. Ilustración del ingeniero Luis Diego Murillo.