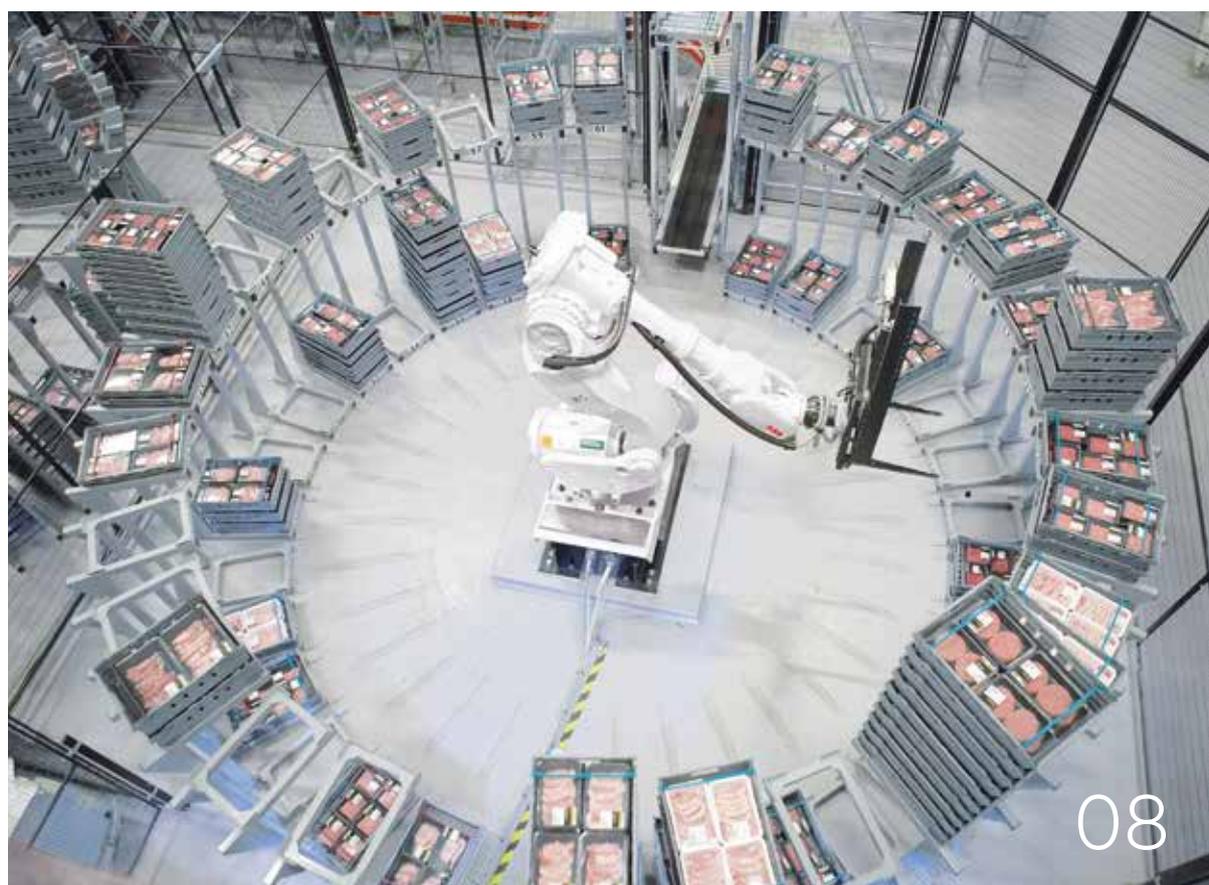


review

03|2019 es

Sistemas autónomos



08



44

- 08–51 **Sistemas autónomos**
- 52–73 **Energía**



36

Herramientas de análisis de datos para la industria



23

Visualizaciones inteligentes

La pila de combustible, una central ecológica



60



08

De la automatización a los sistemas autónomos

05 Editorial

Sistemas autónomos

- 08 De la automatización a los sistemas autónomos
- 16 Visualización de modelos de redes eléctricas
- 23 Visualizaciones inteligentes
- 30 Orquestación de la planta y aplicación piloto
- 36 Herramientas de análisis de datos para la industria
- 44 Drive Connectivity Panel
- 46 Supervisión de los revestimientos de molinos

Energía

- 54 SAI PowerLine DPA para condiciones adversas
- 60 La pila de combustible, una central ecológica
- 68 Transformadores resistentes a la rotura

Desmitificación de términos técnicos

74 Sistemas autónomos

75 Consejo editorial

Un sistema autónomo puede hacer que una máquina, una fábrica, una red o incluso toda una ciudad funcione de una manera más eficiente, fiable y segura sin control humano directo; su construcción requiere nuevas herramientas de visualización, construcción y codificación innovadoras y nuevos enfoques de previsión y gestión. En ellos confluyen la digitalización y la amplia experiencia en la industria. Este número de ABB Review explora algunas de las últimas tecnologías que la empresa está desarrollando con clientes.

EDITORIAL

Sistemas autónomos



Estimado/a lector/a:

En un mundo caracterizado por la impredecibilidad y el cambio constante, nuestra capacidad como seres humanos para tener éxito depende de nuestra capacidad natural para aprender, adaptarnos y pensar de forma contextual. Los sistemas industriales están adquiriendo, cada vez más, este tipo de habilidades. El sistema de automatización del pasado, en el que un conjunto limitado de instrucciones rígidas obtenía resultados óptimos solo dentro de un conjunto restringido de límites, se está sustituyendo por sistemas autónomos, capaces de adaptarse continuamente, aprender e incluso crear sus propias reglas.

En este número de ABB Review repasamos ejemplos de toda la empresa en los que los cada vez mayores niveles de autonomía están resultando en nuevas capacidades de recogida, interpretación y procesamiento de los datos, así como en su uso para la toma de decisiones informadas.

Que disfrute de la lectura.

Bazmi Husain
Director de Tecnología



Sistemas autónomos



Un sistema que aprende es más que la suma de sus partes, ya que no solo realiza acciones programadas o responde directamente a las entradas de los sensores, sino que ofrece información y acciones que abordan y se adaptan a la variabilidad de experiencias. Representa el salto de la mera automatización a las funciones autónomas. ABB profundiza en la investigación y el desarrollo necesarios para salvar esa brecha.

- 08 El camino desde la automatización hasta los sistemas autónomos
- 16 Las visualizaciones de la red eléctrica centradas en el usuario promueven los gemelos digitales
- 23 Visualizaciones para una comunidad municipal más inteligente
- 30 Orquestación de la planta y aplicación piloto
- 36 Desenmarañando eventos y alarmas con herramientas de análisis de datos
- 44 Nuevo panel de recopilación de datos
- 46 El aprendizaje automático resuelve la supervisión de los revestimientos de molinos

SISTEMAS AUTÓNOMOS

El camino desde la automatización hasta los sistemas autónomos



A menudo nos referimos a los datos como el petróleo de la economía digital, pero en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial, es probable que los algoritmos de autoaprendizaje para la ingeniería, el funcionamiento y el control autónomos sean la clave del éxito. Los que lideren el mercado en el futuro serán aquellos que cuenten con la experiencia sectorial para desarrollar los algoritmos de aprendizaje automático específicos de la industria que mejoren la productividad de sus clientes.



Wilhelm Wiese
ABB Global Industries
and Services
Bengaluru, India

wilhelm.wiese@
in.abb.com

Todo el mundo habla de los automóviles autónomos →1. De hecho, el desarrollo que ha vivido esta tecnología en los últimos años es tan impresionante que se sitúa muy por delante de lo que está sucediendo en el campo de la automatización industrial. Por lo tanto, para entender mejor lo que está pasando, ABB ha analizado de cerca cómo la industria automovilística define los cinco niveles de conducción autónoma [1,2,3] en el contexto de los sistemas actuales de automatización industrial → 1.

Nivel 0. Aquí es donde nos encontramos hoy, es decir, donde un ser humano lo controla todo. En el contexto de la automatización industrial, el nivel cero es la forma en que los operadores operan sus plantas durante la fase de puesta en marcha, cuando configuran y optimizan los procesos.

Nivel 1. Según la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Carretera (NHTSA) de Estados Unidos, este nivel se caracteriza por «un sistema avanzado de asistencia al conductor (ADAS)... que a veces puede asistir al conductor humano con la dirección, el frenado o la aceleración, pero no con todo a la vez».

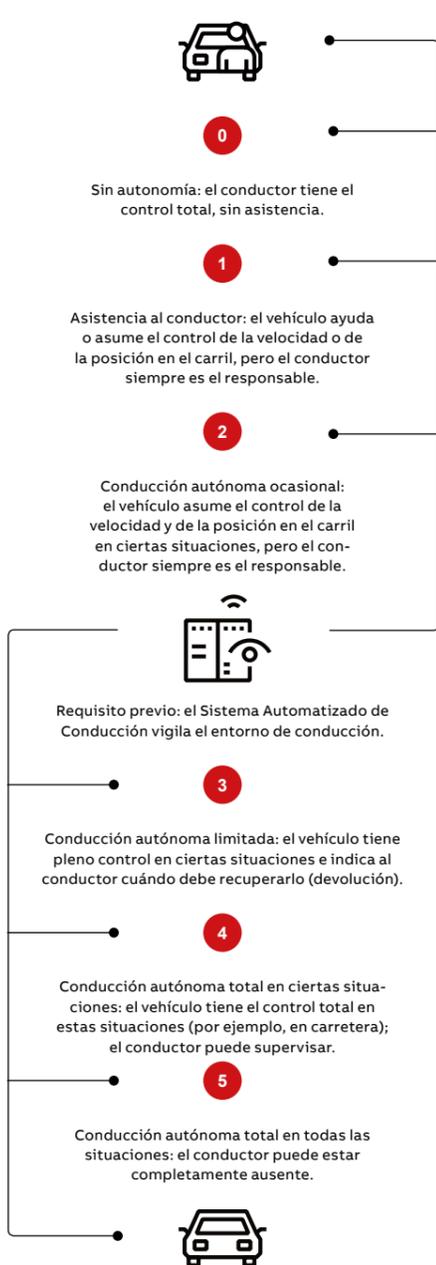
— **La tecnología actual de operación de plantas ha alcanzado un nivel de autonomía que se sitúa entre los niveles 2 y 3.**

En el contexto de la automatización industrial, esto se replica mediante lazos de control que mantienen determinadas variables de proceso en puntos de consigna en función de la realimentación procedente de sensores.

Nivel 2. La NHTSA describe este nivel como «un sistema avanzado de asistencia al conductor (ADAS)... que en realidad controla tanto la dirección como el frenado/la aceleración a la vez en determinadas circunstancias. El conductor humano debe seguir prestando toda su atención en todo momento y realizar el resto de la tarea de conducción.» En el contexto de la automatización industrial, así es como la mayoría de los operadores operan sus plantas. Están en la sala de control observando la producción y solo intervienen si una alarma indica que determinadas variables de proceso se han desviado en algún sentido no deseado o inesperado.

Nivel 3. Según la NHTSA, este nivel se caracteriza por «un Sistema Automatizado de Conducción (ADS)... que puede realizar por sí mismo todos

los aspectos de la tarea de conducción en determinadas circunstancias. En dichas circunstancias, el conductor humano debe estar preparado para retomar el control en cualquier momento en que el ADS se lo solicite. En el resto de circunstancias, la tarea de conducir recae en el conductor humano.» En el contexto de la automatización industrial, esto equivale aproximadamente a una planta con producción continua y solo un puñado de empleados de servicio in situ para mantenerla en marcha.



01

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Control		×			
Operación		×	×		
Ingeniería	×				

02

— 01 Niveles de sistemas autónomos reflejados como vehículos de conducción autónoma.

— 02 Niveles en los que se ha logrado autonomía en la industria.

Nivel 4. Este nivel se refiere a un «Sistema Automatizado de Conducción (ADS)... que puede realizar por sí mismo todas las tareas de conducción y supervisar el entorno de conducción -básicamente, realizar toda la conducción- en determinadas circunstancias. En estas circunstancias, el ser humano no necesita prestar atención». La tecnología actual de automatización está aún lejos de este nivel en la mayoría de los sectores.

Nivel 5. Aquí, un «Sistema Automatizado de Conducción (ADS)... puede asumir toda la tarea de conducción en todas las circunstancias. Los ocupantes humanos son meros pasajeros y no tienen que intervenir nunca en la conducción». Creemos que aún queda bastante tiempo para que la industria automovilística alcance este nivel.

Tres perspectivas de los sistemas industriales autónomos

Tras examinar los niveles de autonomía de los automóviles autónomos, debemos considerar al menos tres perspectivas de los sistemas autónomos industriales →2.

Ingeniería autónoma.

La mayoría de los debates sobre los sistemas autónomos giran en torno al funcionamiento autónomo. Sin embargo, una condición previa para el funcionamiento autónomo es la ingeniería autónoma. Si tomamos como base la visión de la Cuarta Revolución Industrial [4], el desarrollo de la automatización industrial puede interpretarse como algo paralelo a los cinco niveles de conducción autónoma. Pensemos, por ejemplo, en la producción y la optimización de los smartphones. Estos dispositivos están caracterizados por cientos de parámetros de configuración diseñados para que los usuarios puedan personalizar sus experiencias de comunicación. Sin embargo, aunque más del 90 % de todos los ajustes se mantienen

según los valores predeterminados, algunos usuarios dedican tiempo a ajustar sus dispositivos y aplicaciones para optimizar su rendimiento. Y en aquellos casos en los que estos ajustes pueden compartirse con el proveedor, la información puede utilizarse para mejorar el producto, reducir los costes de la solución de problemas y optimizar los parámetros predeterminados.

Un paso más podría ser un escenario en el que todos los smartphones pudieran subir sus configuraciones mejoradas a un enorme lago de datos que estaría disponible para todos. De manera análoga, la tecnología actual de automatización industrial ya conecta millones de dispositivos. Esto, sumado al conocimiento de cómo los dispositivos se asocian entre sí, en qué aplicaciones industriales y bajo qué condiciones ambientales, conforman la base de la ingeniería autónoma.

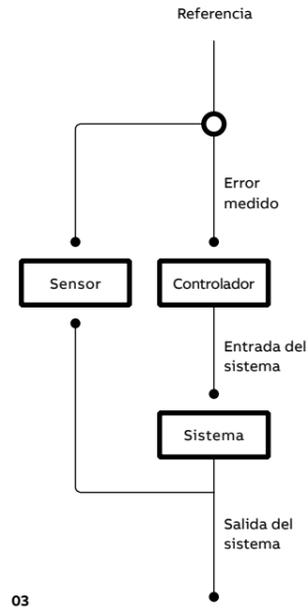
— **Las respuestas probabilísticas generadas por la IA basada en el aprendizaje automático podrían alterar profundamente los sistemas de control industrial del futuro.**

Gracias a las capacidades de análisis de big data, podemos obtener ajustes de dispositivos y aplicaciones que son mucho mejores que los ajustes predeterminados. El modelo de datos afina continuamente estos ajustes. Para conseguir una orientación parecida a la proporcionada por un sistema avanzado de asistencia al conductor, los ingenieros pueden optar entre aplicar los parámetros predeterminados por el propietario del producto o utilizar los ajustes que la mayoría de los ingenieros en todo el mundo han elegido para una configuración similar de una aplicación similar en un entorno comparable. Esta combinación de recursos humanos y automáticos elevaría la ingeniería autónoma del nivel uno al nivel dos. Tras un periodo de maduración, se podría pasar al nivel tres, donde una planta podría cambiar su configuración de forma autónoma, por ejemplo, en función de los cambios ambientales entre verano e invierno. Esta es la razón por la que la ingeniería autónoma constituye en cierta medida una condición previa del funcionamiento autónomo.

Funcionamiento autónomo

La tecnología actual de operación de plantas ha alcanzado un nivel de autonomía situado entre los niveles 2 y 3. Pero se necesitará mucho más que solo ingeniería autónoma para alcanzar la plena

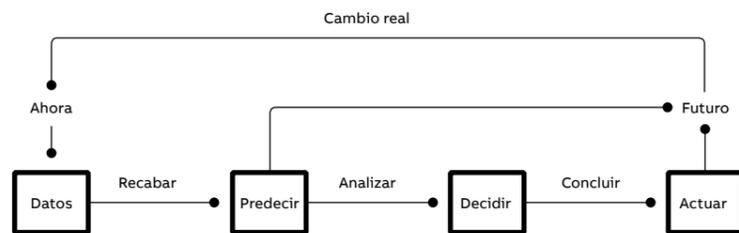
- 03 Automatización basada en lazos de control.
- 04 Plan de gestión del riesgo operacional para IA.
- 05 Un robot industrial ABB paletizando carne en un área de congelados. ABB está investigando mucho en tecnologías de producción cada vez más autónomas.



03

autonomía. Para lograrla, los sistemas tendrán que combinar ajustes de dispositivo y aplicación, además de valores de proceso. Un buen punto de partida es un análisis de los datos de décadas de alarmas y sucesos que indican a los operadores cómo se han comportado los sistemas de producción en una amplia gama de condiciones.

No obstante, debemos tener en cuenta que el error humano sigue siendo la principal causa de fallos de producción y paradas de la planta [5]. En vista de ello, la disponibilidad de datos en toda la planta está, evidentemente, en el núcleo del funcionamiento autónomo y constituye un requisito previo para aprovechar el potencial de la tecnología y análisis de datos de hoy en día. El aprendizaje automático, con su almacenamiento ilimitado y su potencia computacional, nos permite, por primera vez, aprovechar esto. Pero para ser totalmente autónomo, este sistema debe ser capaz de cambiar automáticamente una



04

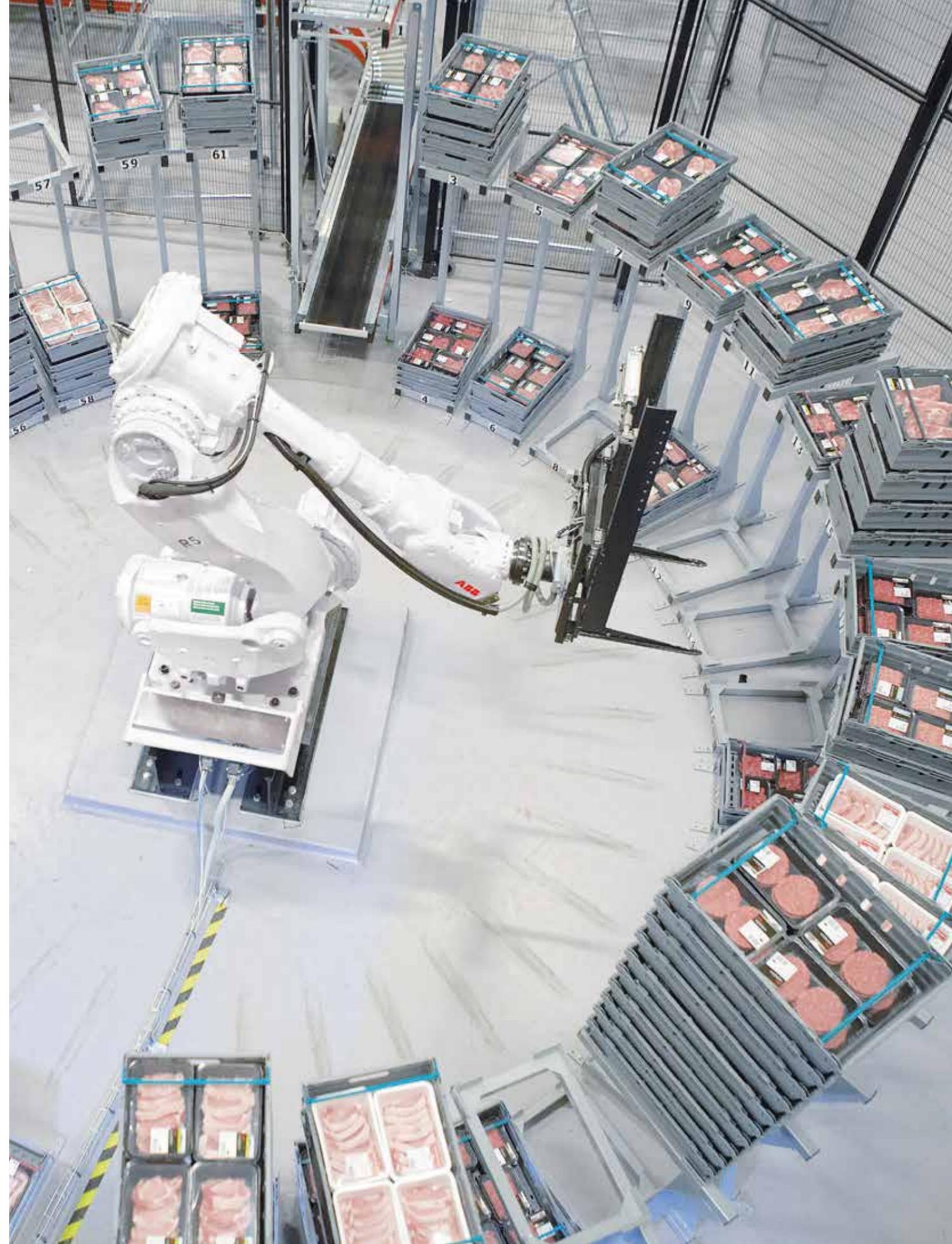
configuración cuando detecte una nueva situación de fallo; es decir, debe ser capaz de ir más allá de lo que ha aprendido a partir de un amplio conjunto de datos de situaciones anteriores y ser capaz de activar y configurar nuevas alarmas por sí mismo y reaccionar ante ellas. Esta nueva configuración es mucho más compleja que cualquier otra cosa que los ingenieros hayan configurado hasta la fecha. En este caso, los datos son el comienzo del funcionamiento autónomo, mientras que los algoritmos de autoaprendizaje conducen al siguiente nivel de autonomía.

Control autónomo

Esto nos lleva al concepto de control autónomo, que es probablemente la parte más controvertida de los sistemas autónomos. El argumento más persuasivo que se utiliza en contra de que el aprendizaje automático vaya a sustituir a la automatización actual basada en lazos de control →3 es que la respuesta de un lazo de control es determinista, mientras que el aprendizaje automático es probabilístico. No cabe duda de que un único lazo de control es determinista, pero debemos cuestionarnos si un sistema de control basado en cientos o incluso miles de lazos de control también lo es.

El siguiente nivel de control autónomo tendrá que abordar de forma integral la totalidad de los sistemas de automatización industrial.

En vista de ello, las respuestas probabilísticas generadas por la IA basada en el aprendizaje automático podrían alterar profundamente los sistemas de control industrial del futuro. Si bien es cierto que los sistemas de control basados en tecnologías de la Tercera Revolución Industrial han alcanzado niveles de fiabilidad y rendimiento muy altos, las capacidades de los sistemas que se basen en tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial avanzarán a una velocidad nunca antes vista en la industria. Una respuesta probabilística



05

del 80 % hoy podría llegar a ser del noventa y 99 % pronto, acercándonos a la de un sistema determinista si consideramos una planta o área de procesos completa.

En los próximos años, la inteligencia artificial cambiará el actual paradigma de control de la clasificación de señales a la analítica de los datos de proceso, de los lazos de realimentación a la predicción, y de la calibración de procesos a la autooptimización →4. Los sistemas basados en inteligencia artificial pronto también serán mucho mejores que los sistemas de lazos de control tradicionales, ya que el aprendizaje automático puede correlacionar cientos y miles de parámetros en lugar de simplemente comparar una variable con un punto de consigna. Para aprovechar este extremo, el siguiente nivel de control autónomo tendrá que abordar de forma integral la totalidad de los sistemas de automatización industrial →5. Esto exigirá la introducción de todos los datos de ingeniería, parámetros de los dispositivos y sus operaciones, así como datos de procesos y datos ambientales, en un sistema basado en el aprendizaje automático y su entrenamiento tomando como base la física, la información procedente del sistema de aseguramiento de la calidad y la experiencia de los operadores e ingenieros de la planta. Una vez realizados estos pasos, ya no se necesitarán lazos de control para determinar los parámetros de entrada de proceso para los dispositivos. En términos de producto, inicialmente esto provocará una transición perturbadora, porque los dispositivos de automatización industrial de la base instalada no son capaces de alojar motores de aprendizaje automático; si bien cabe esperar que la próxima generación de dispositivos industriales sea mucho más potente.

En términos de tecnología, los sistemas de control basados en inteligencia artificial probablemente sustituirán por completo a los sistemas actuales de control distribuido. En primer lugar, porque darán mejores resultados más rápido. Y en segundo lugar, porque la arquitectura de los sistemas actuales de control está obsoleta. Los sistemas de control distribuido tienen sus raíces en la Tercera Revolución Industrial, donde la potencia computacional y la capacidad de almacenamiento eran escasas y la comunicación en tiempo real requería la proximidad del control y los equipos. Todas estas limitaciones han dejado de ser válidas, sobre todo ante la próxima llegada de la comunicación inalámbrica 5G.

En términos de mercado, la buena noticia es que esta transición será relativamente lenta debido a las enormes dimensiones de la base instalada, lo que dará a los usuarios tiempo para implantar los nuevos sistemas y familiarizarse con ellos.

¡Carretera en obras más adelante!

Los actores de éxito deberán ser ágiles y rápidos en términos de desarrollo del servicio. Para lograrlo, limitarán al mínimo el papel del hardware propietario y pondrán el foco en soluciones de software como servicio basadas en la nube. Por último, tendrán que pasar a sistemas de control basados en arquitecturas y diseños construidos desde cero con la autonomía en mente.

La arquitectura y el diseño de los sistemas industriales autónomos del futuro deberán dar soporte a la ingeniería, funcionamiento y control autónomos.

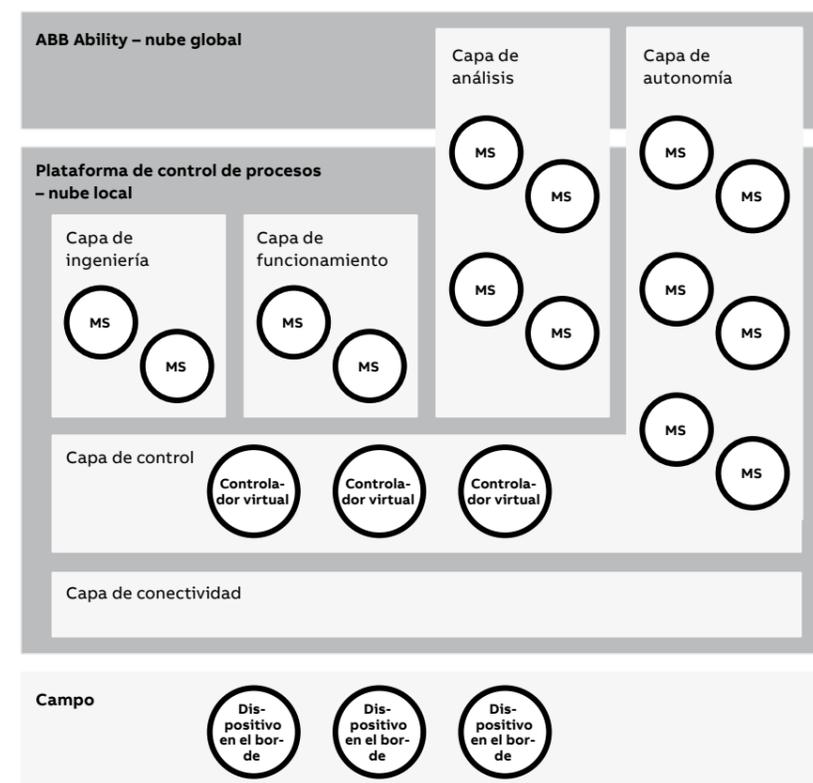
En términos de tecnología, los sistemas de control basados en inteligencia artificial probablemente sustituirán por completo a los actuales sistemas de control distribuido.

Para lograrlo, los futuros sistemas de control autónomos tendrán que empezar de abajo arriba dado que la capa de control y la capa de campo subyacente proporcionan los datos específicos del proceso y del dispositivo para el análisis de datos y las nuevas soluciones basadas en IA. Empezar desde la capa de control también explica por qué no puede tratarse de una ampliación del hardware actual, porque los controladores industriales actuales carecen de la potencia de computación y la memoria para ejecutar análisis adicionales o procesos de IA. Sin embargo, el primer paso será, obviamente, mantener el software actual mientras se migra a una plataforma más potente: un controlador virtual que se ejecuta en un entorno de nube.

Empezar con una arquitectura a partir de un controlador virtual →6 resuelve muchos requisitos necesarios para conseguir un análisis de datos rápido y ágil, soluciones basadas en IA y sistemas autónomos. En primer lugar, todos los datos serán fácilmente accesibles para aplicaciones de análisis de datos e IA dentro del mismo entorno de nube. En segundo lugar, la potencia computacional y la memoria ilimitadas pueden mejorar el software de control con nuevas prestaciones e interfaces. Y, por último, las nuevas prestaciones pueden desplegarse rápidamente en la nube y no requieren cambios o ampliaciones de hardware, lo que maximiza la velocidad y la agilidad.

Las industrias autónomas necesitan ABB Ability Conectar una plataforma de control de procesos con ABB Ability proporciona el lago de datos para nuevos servicios de análisis y allana el camino para

—
06 Arquitectura para un funcionamiento autónomo.



06

Referencias

[1] www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety

[2] David P. Watson, David H. Scheidt: Autonomous Systems, Johns Hopkins Applied Physics Laboratory, Technical Digest, vol. 26, no. 4, 2005.

[3] new.abb.com/news/detail/11164/autonomous-systems

[4] en.wikipedia.org/wiki/Fourth_Industrial_Revolution

[5] www.continuity-central.com/index.php/news/business-continuity-news/2448-manufacturing-is-the-sector-most-prone-to-unplanned-downtime-due-to-human-error

llevar a las industrias actuales a un nuevo nivel de productividad. En esta arquitectura, un sistema autónomo con entradas de ABB Ability puede ejecutar microservicios para análisis y permitir la ingeniería, el funcionamiento y el control autónomos. En la capa de análisis de datos, los microservicios de la plataforma de control de procesos recogen los datos y deciden si pueden utilizarse para optimizaciones locales o para la gestión de flotas. Esta inteligencia incorporada en la plataforma de control de procesos optimiza el volumen de datos que se transfiere a la nube global.

La arquitectura y el diseño de los sistemas industriales autónomos del futuro deberán dar soporte a la ingeniería, el funcionamiento y el control autónomos.

Dicho esto, el control autónomo tardará en ser una realidad y exigirá muchos pasos intermedios. En este sentido, cabe esperar que la conectividad con ABB Ability acelere el aprendizaje automático. Por ejemplo, los microservicios que aprendan de controladores virtuales dentro de una misma plataforma de control de procesos también podrían aprender de otros sistemas industriales en entornos similares.

Avanzar hacia los sistemas autónomos es sin duda un reto, pero puede lograrse con este enfoque escalonado. La clave para conseguir agilidad y velocidad es cambiar la mentalidad para pasar del negocio de productos transaccionales al software como servicio y minimizar el desarrollo de hardware propietario. La clave del éxito es doble: En el lado de la tecnología, el desarrollo debe empezar por una arquitectura base construida sobre una visión de autonomía; en el lado del negocio, debe crearse un modelo de negocio temprano y escalonado en el que este nuevo desarrollo se incorpore a la última línea mientras el negocio existente continúa. •

SISTEMAS AUTÓNOMOS

Las visualizaciones de la red eléctrica centradas en el usuario promueven los gemelos digitales



Antony Hilliard
ABB Automation Solutions
Vasterås, Suecia

antony.hilliard@
se.abb.com



Giuseppe Martinelli
ABB Enterprise Software
Network Management
Vasterås, Suecia

giuseppe.martinelli@
se.abb.com

El novedoso diseño de pantalla de visualización de ABB permitirá a los ingenieros conocer rápidamente la función del gemelo digital de estimador de estado. Los problemas de la red podrían resolverse de una forma más eficiente, creando así un sistema de red eléctrica más fiable para el futuro.

Los sistemas eléctricos de transmisión y distribución de electricidad son cada vez más inteligentes y muy complejos. Estos sistemas deben contar con capacidades de supervisión predictiva en tiempo real que ayuden a los operadores de sistemas a gestionar su red eléctrica interconectada en cumplimiento de la normativa internacional. En 2003, el enorme apagón en el este de Norteamérica y el apagón en Italia pusieron de manifiesto la existencia de vulnerabilidades. En consecuencia, las autoridades reguladoras ahora exigen a los operadores de redes de transmisión que supervisen las redes de sus vecinos, además de las suyas propias, una tarea hercúlea [1].

El gestor de redes (NM) Network Manager Ability™ de ABB ofrece un sistema combinado de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) Supervisory and Control Data Acquisition y un sistema de gestión de la energía (EMS) Energy Management System para proporcionar aplicaciones avanzadas de supervisión y apoyo al funcionamiento a sus clientes.

El estimador de estado de la red o SE está en el centro del EMS y está basado en un gemelo digital, o modelo virtual, de la red eléctrica completa del cliente: generadores, transformadores, circuitos, etc. El modelo predictivo del SE se ejecuta en tiempo real para corregir datos con ruido o datos que faltan utilizando un algoritmo de estimación de mínimos cuadrados ponderados con matrices aumentadas por bloques. Además, pueden colmarse lagunas en la visibilidad de la red eléctrica, facilitando con ello el reconocimiento y la toma de decisiones tanto para los operadores humanos como para las aplicaciones del EMS. Por lo tanto, el SE lleva a cabo funciones críticas y proporciona exactamente las prestaciones de las que dependen los clientes.

Mantenimiento del estimador de estado

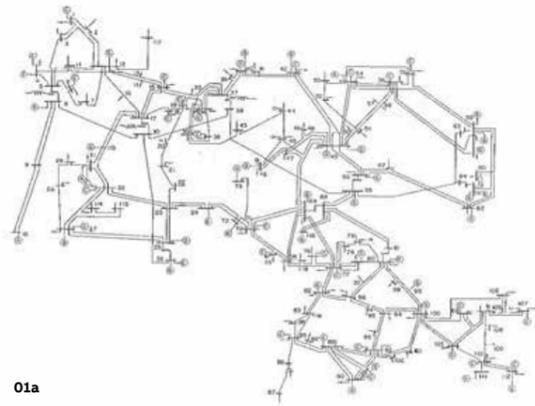
No obstante, nos enfrentamos a retos cruciales: el estimador de estado debe funcionar en entornos

variables. Con el tiempo, los equipos de red se sustituyen y las conexiones de red se modifican, pero la calidad de la solución debe mantenerse. Esto resulta especialmente problemático si combinamos suficientes desajustes de modelos con datos dañados por telemetrías fallidas o ciberataques. En estos casos, el algoritmo del estimador de estado podría no ser capaz de dar soluciones ni en una parte ni en toda la red, dando lugar a una degradación de la supervisión automática, como el análisis de contingencias y el riesgo de infringir la normativa. Este fallo del SE elimina las herramientas de las que dependen los ingenieros del EMS para mantener el conocimiento de la situación y resolver los problemas de la red.

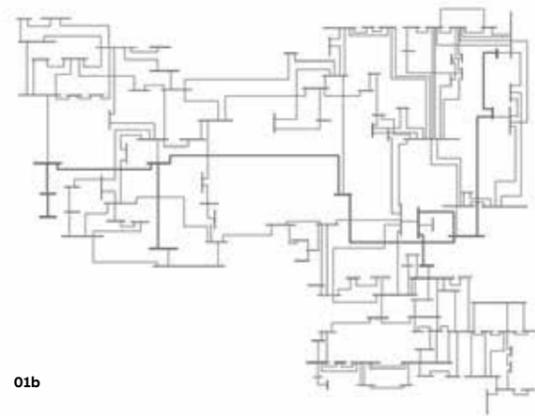
El estimador de estado de la red o SE está en el centro del EMS y está basado en un gemelo digital, o modelo virtual, de la red eléctrica completa del cliente.

Además, el requisito de supervisar las redes vecinas puede aumentar la exposición a modelos o datos anómalos. Por ejemplo, la mayoría de los 113 apagones del estimador de estado ocurridos en el este de Norteamérica entre 2013 y 2017 se produjeron por problemas de modelización o comunicaciones [2].

La puesta en servicio y la supervisión del SE para mantener la fiabilidad frente a estos retos resultan caras y requieren mucho tiempo y mano de obra. Para corregir esta situación, ABB investigó métodos de visualización para ayudar a los ingenieros del SE, tanto expertos como no expertos, a supervisar de forma sencilla y eficiente la salud y el diagnóstico del modelo del SE, como el residuo de la solución y las iteraciones de convergencia.



01a



01b



01c

Actualmente, las pantallas de supervisión de los SE muestran entradas de datos, resultados estimados y dependen en gran medida de cifras y tablas. Las pantallas están diseñadas para su mantenimiento por expertos avanzados en ajustes de redes, los cuales escasean y están muy demandados. Este tipo de diseño supone un reto para los no expertos; exige tiempo y mano de obra y dificulta la supervisión y el diagnóstico de la salud del modelo, algo fundamental para que las compañías eléctricas mantengan una ventaja competitiva en el mercado actual.

Inicios del proyecto y métodos

En 2018, ABB inició un proyecto de investigación para explorar formas de visualizar justo donde el

modelo del estimador de datos podría tener problemas: los desajustes entre el modelo y los datos. La creación de pantallas que ayuden de manera intuitiva a expertos y no expertos a entender los problemas, permitiría al personal reducir de forma eficiente y proactiva los riesgos de fiabilidad de la solución al:

- localizar las telemetrías o las medidas defectuosas para bloquear datos defectuosos;
- localizar los aspectos del modelo que son obsoletos;
- evaluar los ajustes del modelo y cómo mejorarlos.

ABB validó la visualización a través de talleres de diseño y entrevistas con expertos de ABB y mediante revisiones externas (cuatro clientes de su Network Manager: dos en Europa y dos en Norteamérica revisaron el concepto).

Mapeo de la conectividad eléctrica

Para crear una solución de análisis visual aceptable que fuera idónea para el diagnóstico del SE, el equipo de diseño evaluó mapas convencionales de conectividad de redes eléctricas que normalmente se utilizaban para otros fines [3]: la vista geográfica y la visión esquemática de la transmisión →1.

Las empresas de distribución de electricidad envían equipos de mantenimiento al terreno y analizan los daños físicos de los equipos. Las vistas geográficas muestran la ubicación física de los activos y son fáciles de interpretar, por lo que son idóneas para estas tareas (navegación panorámica con características de zoom) →1a. Sin embargo, la ubicación física es irrelevante para la funcionalidad del modelo del SE, lo que hace que las vistas geográficas por sí solas resulten inadecuadas.

ABB investigó métodos de visualización para ayudar a los ingenieros del SE, tanto expertos como no expertos, a supervisar de forma sencilla y eficiente la salud y el diagnóstico del modelo del SE.

Las vistas esquemáticas muestran la conectividad eléctrica lógica de redes de circuitos y estaciones y, por lo tanto, son estándar para las empresas de transmisión →1b. El estilo de la representación esquemática es más abstracto que el de la vista geográfica: muestra los buses como líneas rectas y la navegación es por pasos discretos a lo largo de líneas. La vista esquemática, esencial para la planificación, permite a los operadores de red diferenciar fácilmente todas las posibles conexiones que pueden crear los interruptores y conmutadores.

— Imagen del título: Las visualizaciones se diseñan en función del trabajo.

01a Las vistas geográficas muestran dónde se encuentran los activos físicos y se utilizan desde los años 70.

01b Los diagramas estándar de las redes de transmisión muestran la ubicación de las conexiones de una forma lógica. Aquí, la tensión nominal se representa con el espesor de la línea según [5].

01c El balance eléctrico muestra la función de la red en base al trabajo académico de Cuffe y Keane e incluye la modificación de diseño de ABB [4].

— 02 ABB diseñó una visualización de la topología de la red para el estimador de estado de Power System Explorer. El resultado complementa la interfaz existente para el gemelo digital de la red de transmisión.

Este conocimiento es inestimable y, sin embargo, el SE solo resuelve la situación actual: una pequeña diferencia visual en un esquema podría infravalorar en gran medida el impacto de un evento en la solución modelizada del SE, como, por ejemplo, cerrar un interruptor.

Debido a que la solución de problemas del modelo del estimador de estado difiere del funcionamiento de la red de transmisión o distribución, se requiere un nuevo enfoque. Basándose en esquemas académicos anteriores [4], ABB aplicó teoría de gráficos estándar con formato visual, puntos de referencia y ayudas a la navegación para crear una visualización de red abstracta, intuitiva y que muestra la estructura subyacente del modelo de red →1c,2 [5]. En última instancia, esta visualización, de demostrarse su utilidad para el SE, también podría ser eficaz para supervisar las redes eléctricas del futuro.

Aunque actualmente los gráficos de red se utilizan con éxito para análisis en muchos campos, como ciencias sociales, logística, etc., el reto de ABB era diseñar esta exigente aplicación centrada en el usuario para aplicaciones de redes eléctricas.

Evolución del diseño

Dado que las visualizaciones de los indicadores de salud del modelo del SE deben ampliarse para ser útiles para los modelos de redes grandes, se optó por un enfoque minimalista para el diseño gráfico. Esto deja espacio para los datos y aporta un estilo de efecto visual «global» que transmite las propiedades del modelo y la red global.

En consecuencia, ABB incorporó prestaciones de diseño gráfico básico de redes: círculos de nodos como estaciones y líneas de borde para representar circuitos eléctricos. Se utilizaron tres factores visuales principales: tamaño del nodo, ancho de la línea y longitud de la línea. El tamaño de los nodos representa la diferencia entre la carga y la generación de potencia de la estación. Por lo tanto, los círculos más grandes indican estaciones importantes: bien generadores grandes o cargas grandes, como ciudades. Los círculos más pequeños representan ciudades autosuficientes, o estaciones de transmisión, y pequeñas uniones (los círculos están ocultos). El ancho de la línea se refiere a la capacidad del circuito o el nivel de tensión; una línea más gruesa denota un mayor flujo de potencia. Este estilo distingue los circuitos fuertes de los débiles y separa visualmente las redes de distintos niveles de tensión →2,3.

Hoy: ¿Dónde está el problema?

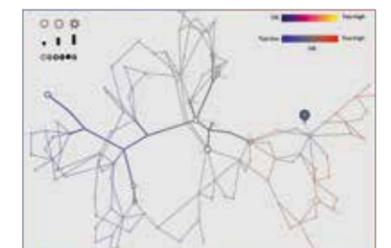
- El SE utiliza un gemelo digital de la red de transmisión para alimentar las aplicaciones.
- La puesta en servicio y el mantenimiento suponen un reto.
- La interfaz existente no muestra la red.
- Los tradicionales estilos de diagramas de red no estaban destinados al diagnóstico de modelos digitales.

El gráfico complementa la interfaz existente

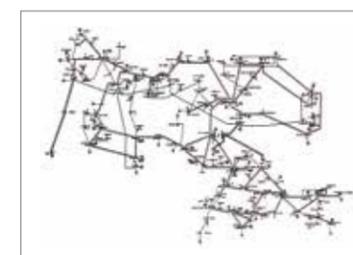


● Pestañas de tablas de números

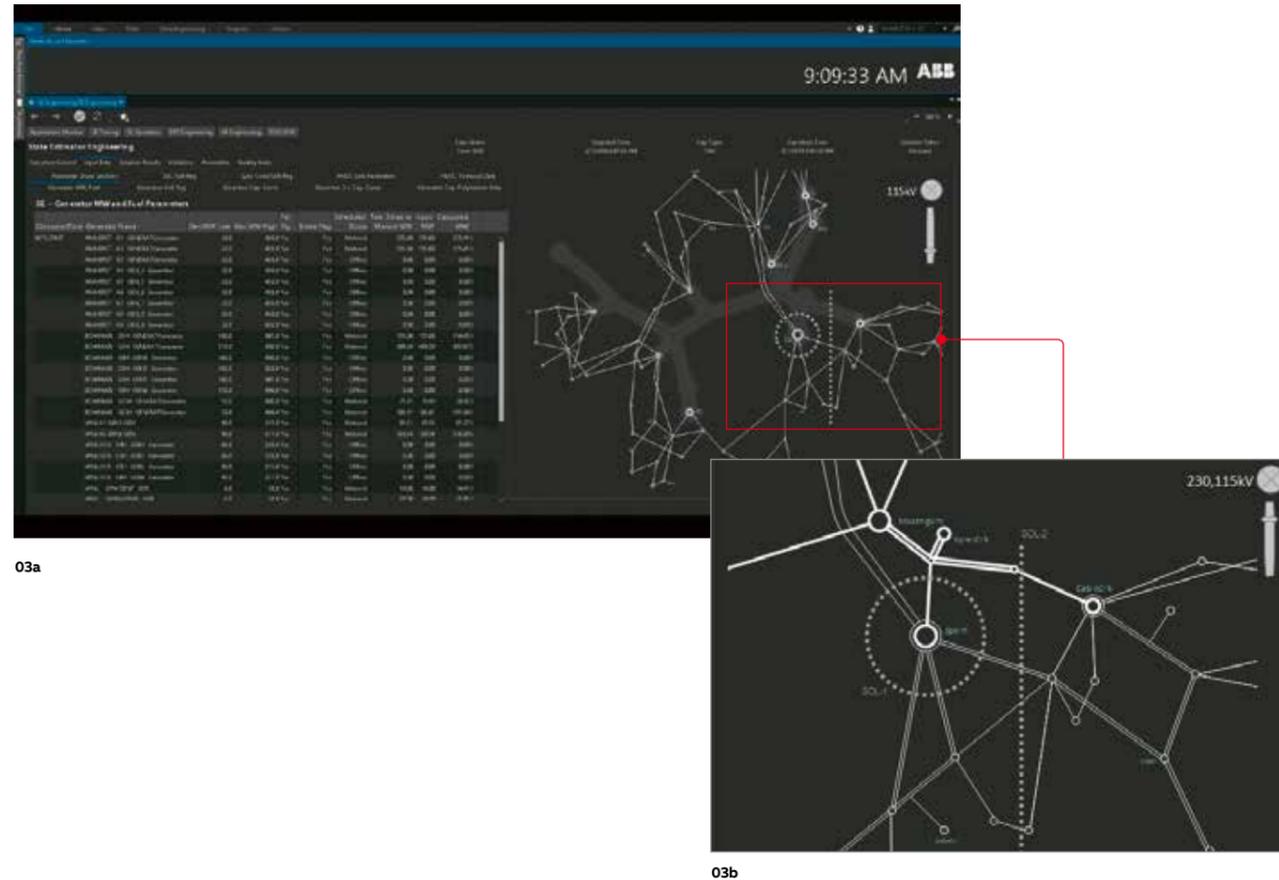
Potencial futuro de visualización de datos



● Hacer visible la calidad del modelo



● Mostrar la estructura



03a

03b

Tomando como base esquemas anteriores, ABB aplicó una teoría de gráficos estándar para crear una visualización de redes que fuera abstracta y de uso intuitivo.

Aunque los operadores a menudo utilizan colores para representar la tensión de la red, la codificación de colores es más adecuada para representar datos: la clave para comprender la calidad de la solución del modelo del SE.

Normalmente, la longitud de la línea representa la distancia o los km, pero, dado que la distancia no es directamente relevante para el SE, la longitud de la línea se dibujó utilizando la escala de transferencia de potencia neta derivada de la impedancia [4]. Por lo tanto, la longitud de la línea constituye una metáfora visual de que «la energía viaja en línea recta» y se traduce en la mínima distorsión de la estructura de la red [4]. Además, este dispositivo ayuda a los ingenieros del SE a visualizar el «recorrido de menos resistencia» y el modelo eléctrico subyacente. Las líneas más largas representan recorridos de flujo eléctrico menos directos →3,4.

Los contornos vitales más importantes de la solución del modelo del SE (por ejemplo, entre la

red del cliente y las redes vecinas, o entre lo que es «observable» y lo que es «no observable») se visualizan ampliando ligeramente la longitud de las líneas para crear un espacio en blanco, creando así zonas separadas.

La visualización resultante es una esclarecedora vista de cómo el SE ve la configuración actual de la red: cómo fluye la potencia desde grandes generadores hasta grandes cargas, y qué aspectos de este flujo resuelve correctamente el SE →3,4.

Promover la visualización

Sin embargo, una vez finalizado el concepto de diseño, quedaron cuestiones importantes: ¿Cómo pueden los ingenieros del EMS identificarse con este diseño de visualización en términos de lo que saben sobre su red y su región? ¿Qué prestaciones promueve la utilidad de la visualización centrada en la red?

Hay muchos problemas que pueden afectar a la aceptación de la visualización. El uso de coherencia y convenciones contribuye a evitar malentendidos que pueden traducirse en riesgos. En consecuencia, ABB está desarrollando el diseño centrado en la red para el personal de mantenimiento del modelo del SE del EMS (tanto ingenieros eléctricos como de TI) para complementar las representaciones tradicionales →2.

—
03 El concepto de visualización de la red del SE complementa las estructuras de datos tabulares existentes y puede permitir la navegación intuitiva del usuario mediante panorámicas, zoom, capas de tensión, selección en tablas o búsqueda por planta/punto de referencia.

03a La visualización de la red muestra una estructura tabular.

03b El concepto de visualización permite a los usuarios hacer zoom en las estructuras de interés.

—
04 Al utilizar el diseño visual monocromo para mostrar la estructura de la red, el color visualiza los indicadores de salud del SE, como el residuo de la solución y las iteraciones de convergencia. Al diseñar escalas de color de forma que las desviaciones significativas se muestren con un mayor contraste, se dirige la atención al origen del problema.

Otra barrera a la aceptación es el riesgo de desorientación del usuario. Para evitar este extremo, se incluyen características de diseño convencionales, tales como norte-arriba, oeste-izquierda. El gráfico se simplificó combinando uniones menores y segmentos de línea dentro de las líneas del circuito y mostrando etiquetas de texto progresivamente →3. Para plantas más pequeñas, esto se logra con una función de zoom. Los puntos de referencia de la red, como los grupos de líneas en un límite operativo del sistema (SOL), están representados mediante grandes características visuales de fondo; por ejemplo, un load pocket o centro de demanda en una ciudad

Las prestaciones visuales reconocibles permiten a los usuarios aplicar sus conocimientos y experiencia para guiar y buscar a través de las representaciones de la red.

se indica mediante un círculo de contorno (el SOL describe un límite para el flujo de potencia total en los circuitos eléctricos que cruzan el círculo de contorno). Los SOL para transmisiones regionales, como un flujo este-oeste, se muestran como líneas de contorno. Aquí las líneas de contorno se dibujan en vertical. →3b.

Para concentrarse en los problemas de modelización, se puede navegar por los distintos niveles de tensión de la red en forma de «capas» que pueden llevarse a un primer plano, mientras que el usuario puede ver el resto de la red como fondo. En lugar de tratar de incluir todos los detalles dentro de las estaciones, el diseño ayuda a los usuarios a navegar hasta la pantalla de diagrama existente una vez que han localizado la perturbación de la modelización →3.

—
ABB diseñó un atractivo esquema de visualización centrado en el usuario: el color puede utilizarse para representar datos como los indicadores de salud del modelo del SE.

Las funciones visuales reconocibles permiten a los usuarios aplicar sus conocimientos y experiencia para dirigir y buscar a través de las representaciones de la red; este diseño centrado en el usuario ayuda a los ingenieros del SE a diagnosticar los factores de estrés en la salud del modelo del SE.

Interpretación de las ayudas cromáticas

ABB diseñó un atractivo esquema de visualización centrado en el usuario que utiliza estilos escalables para mostrar la estructura del modelo de la red. Puesto que la pantalla funciona correctamente en blanco y negro, puede utilizarse el color para representar datos como los indicadores de salud del modelo del SE →4.



04

Visualización del estimador de estado

Los datos clave pueden superponerse utilizando un estilo visual o iconos

Trabajar en escala de grises ahorra color para mostrar los patrones de datos:

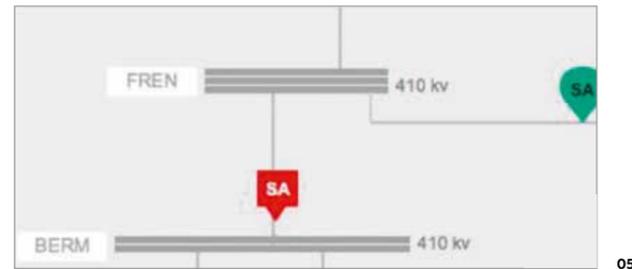
- Residuo de la solución
- Iteraciones de convergencia
- Estimado vs asumido

Pueden desarrollarse aplicaciones para adaptarse a las necesidades del usuario.

Usar mensajes emergentes con moderación

- Última planta convergida
- ¿Topología defectuosa?

05 La visualización de superposiciones de datos en la red principal puede utilizarse en el futuro para comparar diferentes estados de la red según las necesidades del cliente, por ejemplo, historial de tiempos, estudios del flujo de potencia y simulaciones. En esta captura de pantalla se muestran los puntos fijados.



05

Las escalas de color continuas pueden mostrar datos analógicos ubicuos, como el residuo del modelo y los tiempos de convergencia del modelo. Al aumentar la luminosidad para atraer la atención hacia el área del modelo donde se muestran los indicios de estrés, el usuario puede captar de inmediato los patrones de los problemas de salud del SE. Simultáneamente, pueden mostrarse indicadores discretos, como el último bus convergido o topología defectuosa detectada, mediante mensajes emergentes →4,5.

Para hacer que el sistema esté aún más centrado en el usuario, ABB utilizó el feedback de los clientes para ampliar funcionalidades; por ejemplo, los recorridos animados de flujos de partículas podrían mostrar patrones de potencia real o reactiva →5.

El futuro de la red eléctrica es visual

Una vez aprobado el esquema de visualización para la supervisión y el diagnóstico del SE, este podría volver a utilizarse para otras aplicaciones críticas en el futuro. Por ejemplo, podrían visualizarse las consecuencias de las mayores contingencias de riesgo o mostrarse la representación visual de una red tras un apagón junto con la consiguiente distribución de sobrecargas. Se podrían resumir los cambios en la situación de una red vecina durante un día ajetreado o grandes cambios en flujos o redundancias.

La capacidad de evaluar visualmente las consultas de una forma rápida y sencilla ayudará a los operadores de redes eléctricas a mantener la fiabilidad y la seguridad de una forma eficiente. Además, las mismas características necesarias para supervisar el SE ayudarán a los expertos de puesta en servicio de ABB a configurar el modelo, hacer una demostración de las pruebas de aceptación y formar al personal del cliente.

Utilizados con asiduidad, pero que rara vez sujetos a un alto nivel de mantenimiento, los SE requieren un ajuste continuo por parte de expertos para su plena funcionalidad. Y sin embargo, la actual revolución energética sin duda continuará aumentando la demanda de un mayor conocimiento de la situación de los sistemas de redes eléctricas. En consecuencia, se dedicará más esfuerzo al desarrollo y la expansión de los SE. El actual crecimiento de las renovables y la necesidad de mantener la capacidad constituyen posibles impulsores. La tecnología de los SE todavía no ha penetrado el mercado de pequeños distribuidores y este sector del mercado se está expandiendo [6].

Las mejoras en infraestructuras y sistemas de control permiten la expansión de los SE en el mercado de redes en balance, es decir, en el mercado de alta y media tensión, y permiten la entrada en el mercado de baja tensión.

Al mejorar las capacidades y la usabilidad de la solución del modelo del SE, ABB pretende mejorar la rentabilidad: el diseño de visualización del SE de ABB es un primer paso.

Se espera que los mercados de transmisión y distribución de electricidad de Estados Unidos crezcan significativamente para 2023 [6]. Al mejorar las capacidades y la usabilidad de la solución del modelo del estimador de estado, ABB pretende mejorar la rentabilidad: El diseño de visualización del SE de ABB es un primer paso. •

Referencias

[1] NERC. (2018, June 5). Lessons Learned: External Model Data Causing State Estimator to not Converge. [Online] Available under: www.nerc.com/pa/rrm/ea/Lessons%20Learned%20Document%20Library/LL20180602_External_Model_Data_Causing_State_Estimator_to_Not_Converge.pdf

[2] NERC. (2017, December 12). Reference Document: Risks and Mitigations for Losing EMS Function. [Online] Available under: www.nerc.com/comm/OC/ReferenceDocumentsDL/Risks_and_Mitigations_for_Losing_EMS_Functions_Reference_Document_20171212.pdf

[3] A. Hilliard, F. Tran, G.A. Jamieson and A. Greg, "Work Domain Analysis of Power Grid Operations". In Cognitive Work Analysis: Applications, Extensions and Future Directions. 2017, pp. 149-170.

[4] P. Cuffe and A. Keane, "Visualizing the Electrical Structure of Power Systems". IEEE Systems Journal, 11(3), 2017, pp. 1810-1821. Available under: doi.org/10.1109/JSYST.2015.2427994

[5] C. Mikkelsen, J. Johansson and M. Cooper. "Visualization of Power System Data on Situation Overview Displays". 2012, pp. 119-126 Available under: doi.org/10.1109/IV.2012.41

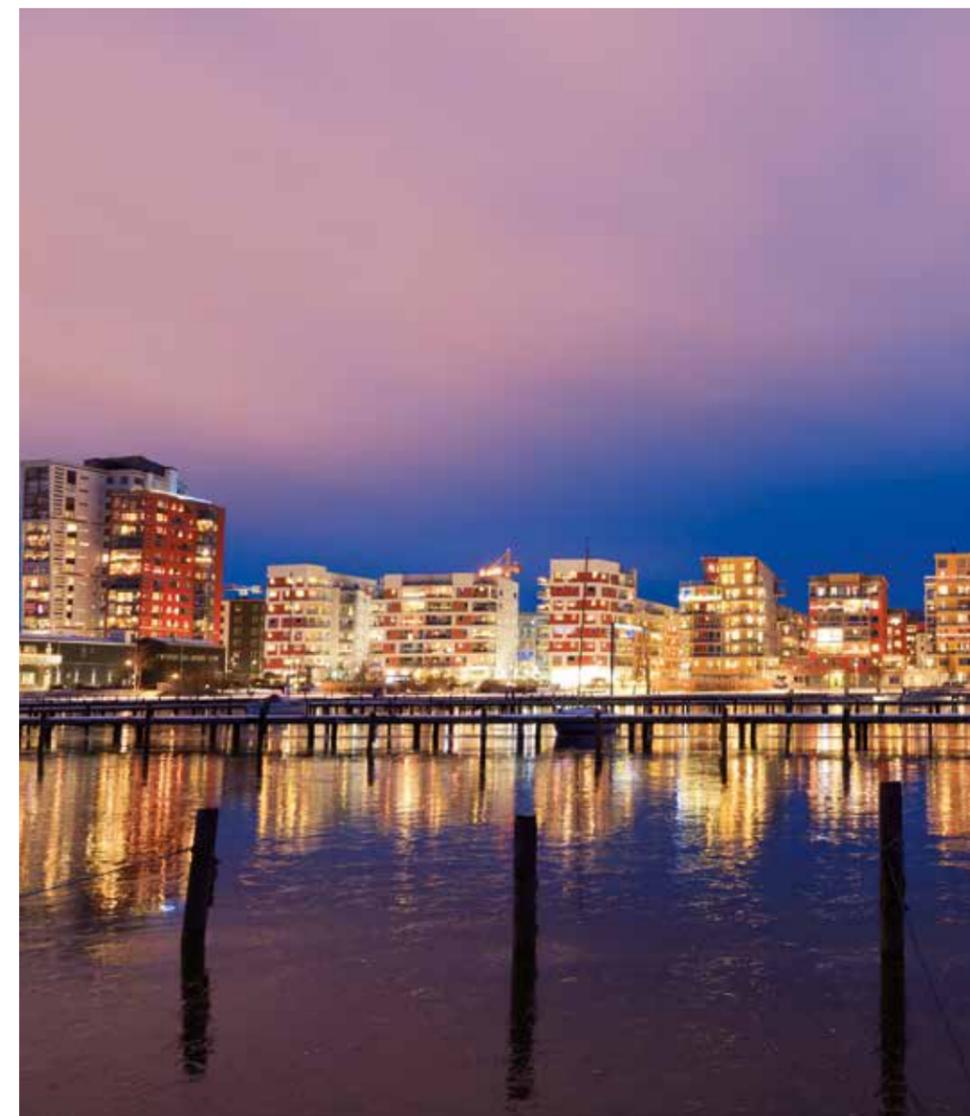
[6] Market Watch. (2019, Feb. 20). Distribution Transformer Global Market Projected to Grow Radiantly by 2023. [Online] Available under: www.marketresearchfuture.com/reports/distribution-transformer-market-2581

SISTEMAS AUTÓNOMOS

Visualizaciones para una comunidad municipal más inteligente

Tomando como base un diseño centrado en el usuario, ABB ha creado visualizaciones de datos intuitivas para dos sistemas comunitarios esenciales: la calefacción urbana y la asistencia sanitaria. Los prometedores resultados sientan las bases para seguir investigando sobre la visualización inteligente y la inteligencia artificial.

01



01 ABB colabora estrechamente con partes interesadas públicas y privadas para explorar soluciones de visualización digital que podrían ayudar a ciudades como Västerås, Suecia, a aumentar su eficiencia y sostenibilidad.



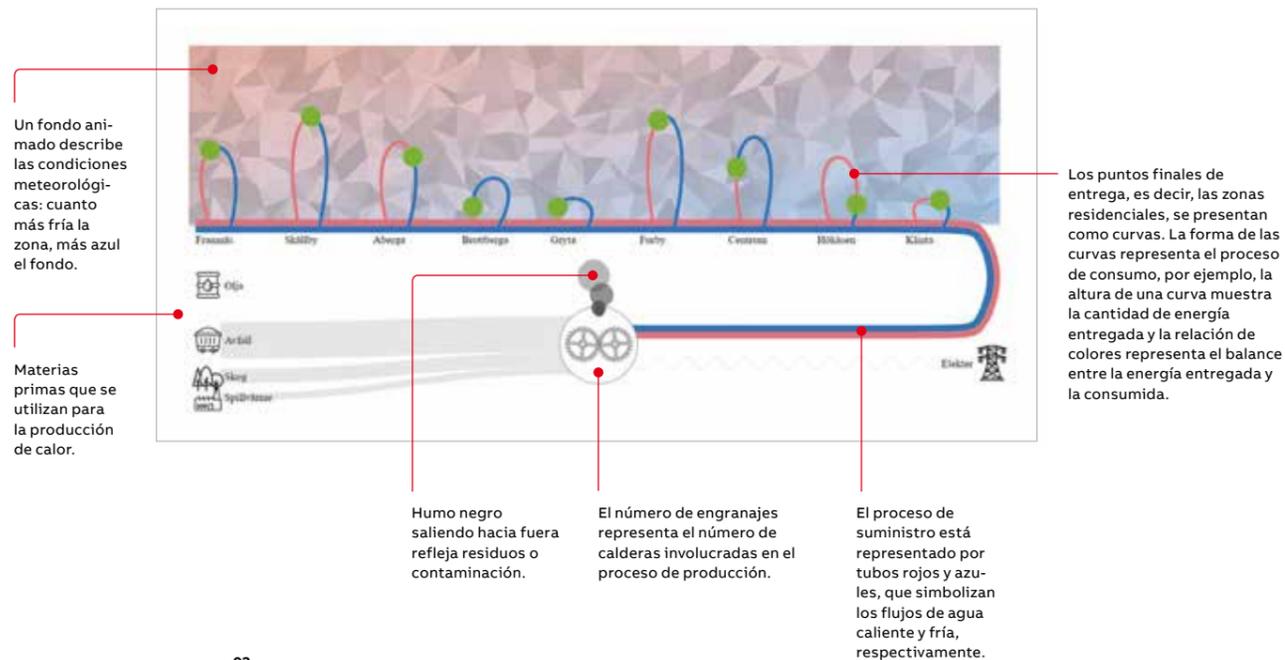
Veronika Domova
ABB Corporate Research
Västerås, Suecia

veronika.domova@se.abb.com



Shiva Sander Tavallaey
ABB Corporate Research
Västerås, Suecia

shiva.sander-tavallaey@se.abb.com



02

El análisis avanzado y la visualización de la información pueden fomentar la sensibilización y un mejor conocimiento de los procesos industriales de una comunidad, creando así directrices y contribuyendo al aumento de la productividad y al ahorro energético. Por ejemplo, unas visualizaciones bien diseñadas pueden ayudar a desvelar cuellos de botella en el flujo de pacientes de un hospital, lo que podría aumentar la eficacia del sistema sanitario. La visualización eficaz de los datos de un sistema de calefacción urbana puede ayudar a los operadores industriales a gestionar el proceso de producción de energía de una forma más eficiente, dando lugar a una mayor satisfacción de los residentes de la comunidad y a un menor impacto medioambiental regional.

Los expertos de ABB se basaron en el paradigma de diseño centrado en el usuario para desarrollar varias visualizaciones innovadoras para hospitales comunitarios y sistemas de calefacción urbana.

No obstante, presentar datos esenciales de una forma visual y exhaustiva a los usuarios adecuados no es una tarea trivial. Gracias a su colaboración con múltiples partes interesadas, expertos en tecnología y dominio de ABB, los investigadores se basaron en

el paradigma de diseño centrado en el usuario¹ para desarrollar varias visualizaciones innovadoras para hospitales comunitarios y sistemas de calefacción urbana suecos que son capaces de hacer justo eso.

La calefacción y refrigeración urbana (DHC) constituye una forma eficiente, flexible en términos de combustible y sostenible de producir y suministrar energía en el mercado actual →1. En Suecia, por ejemplo, este popular proceso de calefacción presta servicio a más del 50 % de los hogares [1].

ABB, líder tecnológico pionero en sistemas de automatización y control, contribuye a la eficiencia de los sistemas de calefacción urbana con sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) de última generación, control inteligente de bombas (IPC) para accionamientos y soluciones de comunicación e interfaz.

El control de un sistema de producción y entrega de calefacción urbana es una tarea consecutiva: para controlar el sistema de calefacción urbana, los operadores confían en gráficos de proceso y en una gran cantidad de parámetros numéricos. La dependencia de las condiciones meteorológicas introduce incertidumbres, la imprevisibilidad y las interfaces heredadas poco intuitivas, sobrecargadas de datos numéricos y gráficos de proceso, no facilitan el problema. En consecuencia, los operadores industriales a menudo ejecutan el proceso de producción basándose en su «intuición» o experiencia previa. Para investigar el espacio de diseño de las interfaces de usuario (UI) de los operadores industriales,

02 La pantalla pretende visualizar los componentes básicos de un sistema de calefacción urbana: producción, distribución y consumo.

03 Las principales vistas generales son: resumen del flujo de pacientes, vista general de casos y transiciones entre departamentos de los pacientes.

04 La vista general del flujo de pacientes muestra la estructura del hospital y el número de pacientes atendidos. Los usuarios pueden filtrar según atributos relacionados con el diagnóstico y el tiempo. Los histogramas proporcionan representaciones visuales del tiempo de espera de los pacientes.

Nota al pie

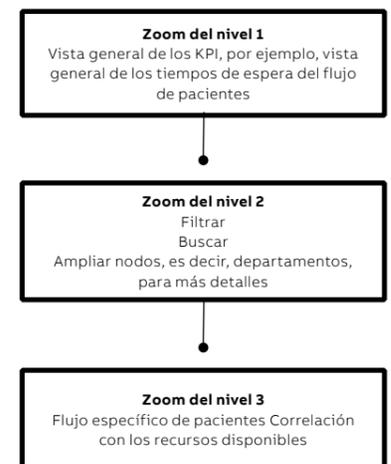
1) Consulte «Las visualizaciones de la red eléctrica centradas en el usuario promueven los gemelos digitales» en la página 16.

ABB colaboró con varias empresas energéticas suecas, el instituto público de investigación independiente de Suecia, RiSe y otros actores, como la PiiA (Agencia de procesos industriales de TI y automatización). Los expertos de ABB Corporate Research y RiSe utilizaron el paradigma de diseño centrado en el usuario para investigar formas de transformar los datos de tiempo de ejecución de los procesos de DHC en visualizaciones esclarecedoras y estéticamente agradables para fomentar el conocimiento del estado del sistema de DHC. Inicialmente, gracias a estudios de campo exhaustivos (entrevistas con operadores, planificadores

ABB organizó talleres interactivos con operadores y partes interesadas del sector para generar ideas sobre posibles soluciones.

de producción, técnicos de servicio, ingenieros medioambientales, clientes privados y empresas vinculadas) se consiguió adquirir conocimiento de dominio. Las múltiples técnicas analíticas aplicadas a los datos recogidos permitieron a los investigadores identificar los problemas de los operadores.

Gracias a la organización de talleres interactivos tanto con operadores como con partes interesadas del sector, pudieron generarse ideas sobre posibles soluciones. Posteriormente, se llevaron a cabo prototipos iterativos de baja y alta fidelidad: los diseñadores pudieron refinar continuamente el



03

proceso de desarrollo gracias a sesiones cualitativas de evaluación de los usuarios en las que se incorporó feedback al proceso de desarrollo.

Inicialmente se consideraron muchas ideas y conceptos; no obstante, se favorecieron los que pretendían ayudar a los operadores industriales a obtener una visión general instantánea del estado de los sistemas de calefacción urbana. El desarrollo de este tipo de visualizaciones requiere la agregación de grandes cantidades de datos para formar un resumen significativo representado visualmente como metáforas y símbolos estéticamente expresivos y agradables.



04

El proceso de visualización resultante es una solución web ligera que se ejecuta en un navegador moderno. Muestra los tres componentes principales de un sistema de calefacción urbana: la producción, la distribución y el consumo →2.

—
AutoMed es un proyecto de investigación a largo plazo que investiga cómo la automatización, la simulación y la modelización de procesos pueden dar lugar a una asignación de recursos y una organización del flujo de pacientes más inteligentes.

El objetivo de la visualización es servir como punto de partida para los flujos de trabajo del operador, que debe ser capaz de conocer rápidamente si el sistema de calefacción urbana está funcionando bien o mal. Además, el operador puede profundizar en cualquier aspecto de la visualización haciendo clic en los elementos correspondientes de la interfaz de usuario, lo que dará paso a una representación más detallada del proceso, como gráficos del proceso o vista del mapa de la ciudad.

Varios de los operadores industriales que evaluaron el proceso de visualización estaban claramente interesados en el futuro potencial de las soluciones visuales y fascinados por la animación y el uso de colores brillantes. Aunque algunos se mostraron escépticos ante la idea de que este esquema pudiera ser útil en un futuro próximo, la mayoría pudo imaginarse la visualización como una pantalla de vista general en la sala de control industrial. Estos resultados preliminares son realmente prometedores.

Mejora de la calidad de la asistencia sanitaria a través de la visualización

El previsto auge demográfico y los recursos médicos limitados estresan a los sistemas sanitarios. En Suecia, como en cualquier otro lugar, el personal médico dedica tiempo y esfuerzo a

tareas administrativas y de mantenimiento, como papeleo, programación, limpieza y clasificación de instrumentos médicos, trabajo con bacterias contagiosas o sustancias peligrosas, etc. [2]. Este necesario trabajo rutinario es repetitivo, monótono y potencialmente peligroso. Un tiempo desaprovechado que debería invertirse en otra cosa.

¿Y si los hospitales pudieran encontrar medios más eficientes para realizar este trabajo? En ABB estamos convencidos de que los robots y los algoritmos pueden mejorar la organización para minimizar la necesidad de que haya personas realizando tareas peligrosas y monótonas. Aprovechando su experiencia en robótica, automatización y sistemas de control, ABB exploró soluciones de visualización para que el personal pudiera dedicarse a hacer lo que mejor hace: prestar atención médica y dar servicio a los pacientes.

AutoMed: la colaboración es la clave

Iniciado en 2015, AutoMed es un proyecto de investigación colaborativa a largo plazo en el ámbito médico financiado por la agencia pública Vinnova. ABB unió fuerzas con dos hospitales



05

—
05 Las visualizaciones intuitivas con funciones avanzadas de exploración y análisis de datos podrían ayudar al personal hospitalario a descubrir por qué se forman las colas de pacientes.

suecos y varios socios industriales y académicos para investigar cómo los enfoques de automatización de procesos, optimización, planificación, simulación y modelización pueden dar lugar a una asignación de recursos y a una organización del flujo de pacientes más inteligentes.

En el ámbito de la colaboración, los investigadores de ABB, debido a la falta de datos en tiempo real, colaboraron estrechamente con hospitales suecos para obtener datos históricos de los flujos de pacientes con el fin de identificar posibles cuellos de botella y desarrollar una herramienta de simulación capaz de predecirlos. Una característica clave para ello es la creación de una interfaz de usuario para la exploración y el análisis exhaustivo de los datos.

Por otro lado, al visualizar los tiempos de espera, es decir, cuánto tiempo tienen que esperar los pacientes antes de recibir el servicio médico necesario, el personal podría identificar cuellos de botella en los flujos de pacientes que provocan retrasos en el sistema de atención médica general. Lamentablemente, fue imposible conseguir una

imagen completa de los tiempos de espera de los pacientes debido a la falta de datos fiables. Sin embargo, se invirtió un esfuerzo adicional en aproximar los tiempos de espera de cada departamento evaluando los tiempos promedios, la desviación estándar e identificando los valores atípicos, es decir, los pacientes que esperaban más o menos tiempo de lo normal.

ABB también exploró visualizaciones que podían ayudar a identificar un flujo de proceso único para enfermedades específicas. Sorprendentemente, cuando una persona recibe un diagnóstico, los planes de tratamiento pueden variar de un caso a otro, es decir, los departamentos que deberá visitar y los procedimientos que deberá seguir dependen en cierta medida de la opinión y las decisiones del médico o médicos responsables del caso del paciente. Sería útil disponer de un flujo relativamente común para cada enfermedad: actualmente el flujo es distinto para cada paciente. Los investigadores encontraron algunos aspectos comunes y aproximaron, en cierta medida, este flujo para ciertas enfermedades.

Innovador diseño de visualización para la asistencia sanitaria

Se diseñó y creó un portal web con varias vistas para permitir la exploración interactiva de datos médicos: vista general del flujo de pacientes, vista general de los casos y transiciones de pacientes entre departamentos →3.

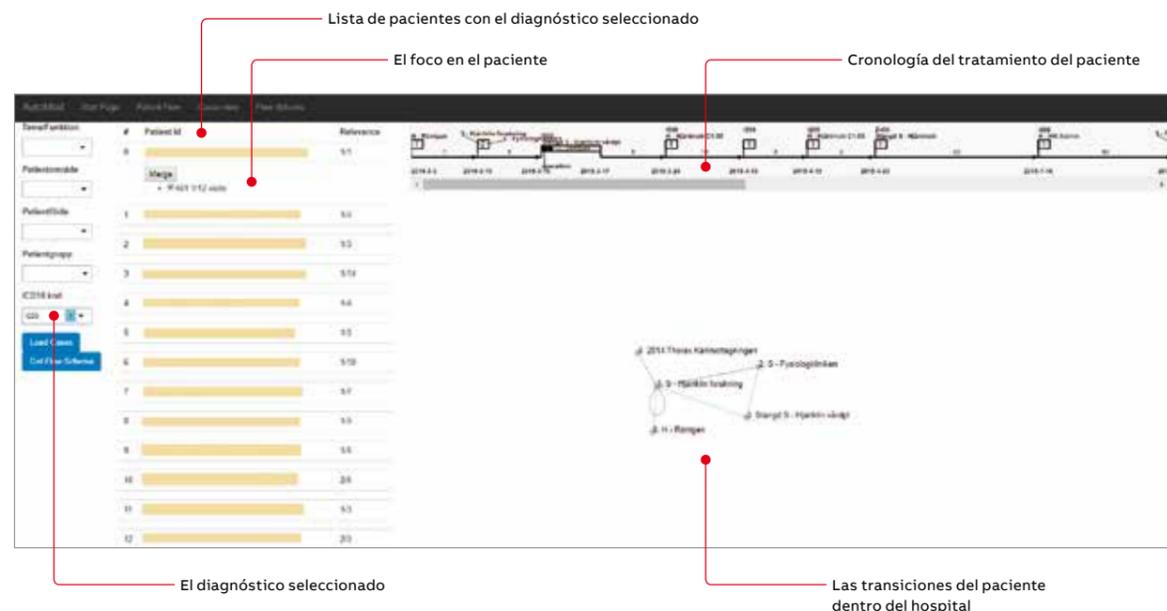
ABB exploró soluciones de visualización para que el personal hospitalario pudiera dedicarse a hacer lo que mejor hace: prestar atención médica y dar servicio a los pacientes.

La vista general del flujo de pacientes es una visualización jerárquica de datos que muestra la estructura del hospital y cuántos pacientes de urgencias/programados han visitado cada departamento durante un periodo de tiempo determinado →4. La interfaz permite filtrar las capacidades por atributos relacionados con el diagnóstico y el tiempo. Cada departamento puede ampliarse o reducirse con el ratón. El espectro de los tiempos de espera se muestra en forma de histogramas alrededor de cada departamento (el tiempo de espera aumenta en el sentido de las agujas del reloj). Cuanto más alta es la columna,

mayor es el número de personas que han esperado. Al pasar el ratón por encima de una columna, se abrirá una ventana emergente que muestra explícitamente esta información. Las barras de histograma están codificadas por colores en función de si el tiempo de espera es más corto, ligeramente más largo o si supera en gran medida el umbral estimado. Al hacer clic en una barra, se redirige al usuario a la vista general de los casos representados por la columna del histograma.

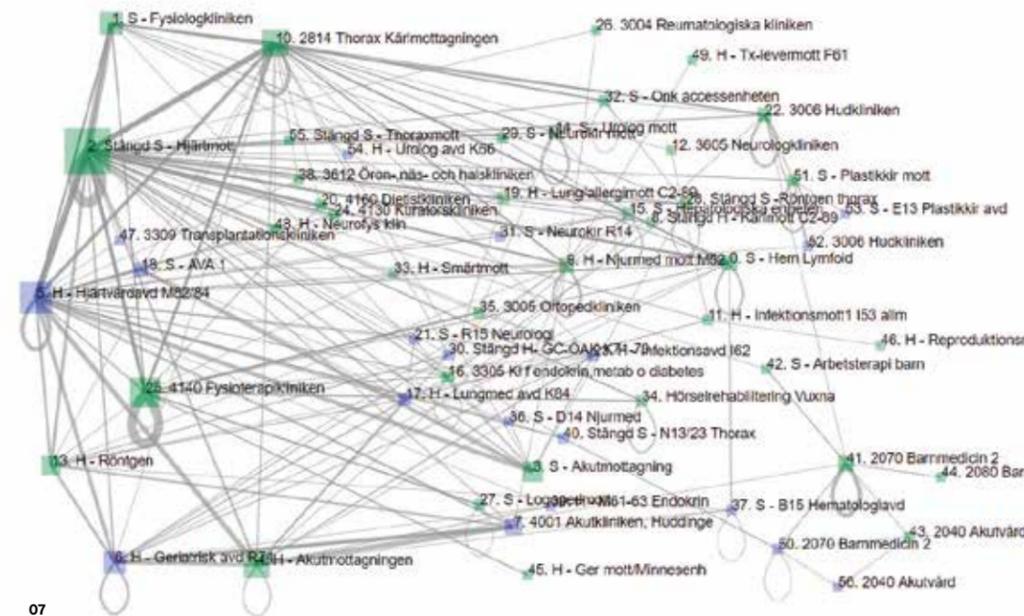
AutoMed es un portal web diseñado con varias vistas para permitir la exploración interactiva de datos médicos.

La vista general de casos muestra el historial de la enfermedad de los pacientes. Mediante filtros y un número de identificación puede localizarse a un paciente particular, pero anónimo. La visualización cronológica de una enfermedad muestra el flujo a lo largo del tiempo, incluidos diagnósticos, departamentos visitados, servicios recibidos y tiempos de espera →5,6. Para determinar por qué se produjo la espera, el período de espera se correlaciona con la disponibilidad de los recursos necesarios, tales como el número de camas libres durante ese periodo de tiempo.



06 La vista general de la pantalla del paciente muestra la cronología del flujo de una enfermedad a lo largo del tiempo.

07 La vista general de transiciones de pacientes muestra cómo se mueven los pacientes entre los departamentos: el tamaño del símbolo del departamento, así como el grosor de las líneas de conexión, dependen del número de visitas.



El diagrama de transiciones destaca las transiciones entre varios departamentos del paciente durante el proceso de tratamiento. Para saber más, se pueden ampliar visualmente los departamentos y las conexiones transitadas por muchas personas. Al pasar el cursor por encima de los elementos visuales, el usuario recibe información numérica precisa. El usuario puede identificar mediante filtros los departamentos y las transiciones que se han producido en una enfermedad específica →7.

Dado que el éxito de una visualización se mide por su usabilidad, este portal web fue demostrado a personal médico y probado en la práctica por personas. El feedback preliminar fue positivo: los participantes anticiparon más mejoras del sistema y estuvieron abiertos a la continuación del proyecto.

Desafíos de la visualización y pasos futuros

El acceso a datos de buena calidad es esencial para el correcto desarrollo de soluciones basadas en datos, pero supone un reto para muchas industrias, incluida la asistencia sanitaria. En el ámbito de ambos proyectos se hizo frente a varios problemas relacionados con los datos; entre ellos, problemas legales durante la transferencia de los datos, mala calidad de los datos, falta de datos, jerga específica de cada dominio, etc. Para subsanar estas dificultades, se llevó a cabo un amplio análisis y procesamiento de datos manual en estrecha colaboración con los representantes del dominio antes de que los expertos de ABB pudieran seguir adelante con los objetivos reales del proyecto.

Referencias

[1] Euroheat & Power. (2017, May 1). District Heating in Sweden webpage [Online]. Available under: www.euroheat.org/knowledge-hub/district-energy-sweden/
 [2] J. Westbrook, et al. (2011, Nov. 24) BMC Health Service[Online]. Available under: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3238335/

Al contar con un gran número de diversas partes interesadas a bordo de ambos proyectos se crearon oportunidades de colaboración y pudimos considerar una amplia gama de perspectivas. Por el contrario, en ocasiones, los procesos de investigación se vieron entorpecidos por las distintas agendas de las partes interesadas.

ABB seguirá trabajando en visualizaciones eficaces de big data, introduciendo así el aprendizaje automático y la inteligencia artificial.

Durante los estudios de campo, los expertos de ABB fueron testigos de prácticas de trabajo antiguas muy enraizadas que tendían a limitar la aceptación de nuevas soluciones y métodos. No obstante, los operadores industriales y el personal médico mostraron interés en las ventajas de las nuevas soluciones de visualización y anticiparon la posibilidad de aumentar su eficiencia de producción en el futuro.

Inspirados en el éxito de ambos proyectos, los investigadores de ABB seguirán trabajando en visualizaciones eficaces de big data. El siguiente paso lógico es introducir el aprendizaje automático y la inteligencia artificial para ofrecer al usuario pistas sobre cuál es la siguiente acción más apropiada.●

PLANTAS DE PROCESO MODULARES: PARTE 2

Orquestación de la planta y aplicación piloto

La modularización de las plantas se considera la forma de resolver los desafíos a los que se enfrenta la industria de proceso. ABB, en colaboración con otros, ha desarrollado conceptos y productos para la automatización de las plantas de proceso modulares. Complementando el artículo de la edición anterior de ABB review, aquí trataremos sobre la organización de la planta y la experiencia de estudios piloto.

Mario Hoernicke
Katharina Stark
 ABB Corporate Research
 Ladenburg, Alemania

mario.hoernicke@de.abb.com
 katharina.stark@de.abb.com

Axel Haller
 ABB Industrial
 Automation
 Mannheim, Alemania

axel.haller@de.abb.com

Ralf Jeske
 ABB Industrial
 Automation
 Minden, Alemania

ralf.jeske@de.abb.com

Henry Bloch
Alexander Fay
 Universidad Helmut
 Schmidt
 Hamburgo (Alemania)

Alexander Wittenbrink
 Invite GmbH
 Leverkusen, Alemania

Torsten Knohl
 Bayer AG
 Leverkusen, Alemania

Stephan Hensel
Leon Urbas
Anna Menschner
 Universidad Técnica
 de Dresde
 Dresde, Alemania

Los propietarios de plantas de proceso ven la modularización como una tecnología prometedora que resolverá muchos de los retos a los que se enfrentan, como una mayor flexibilidad e interoperabilidad entre los activos de la planta. Por este motivo, desde 2014 ABB trabaja con varios grupos (Bayer, la Universidad Técnica de Dresde, INVITE (asociación público-privada de TU Dortmund y Bayer Technology Services GmbH) y la Universidad Helmut Schmidt de Hamburgo) para encontrar formas de automatizar las plantas de proceso modulares.

—
La modularización se considera una tecnología prometedora que resolverá muchos de los retos a los que se enfrentan los propietarios de procesos.

Un sistema de automatización modular tiene dos capas conectadas por una red.

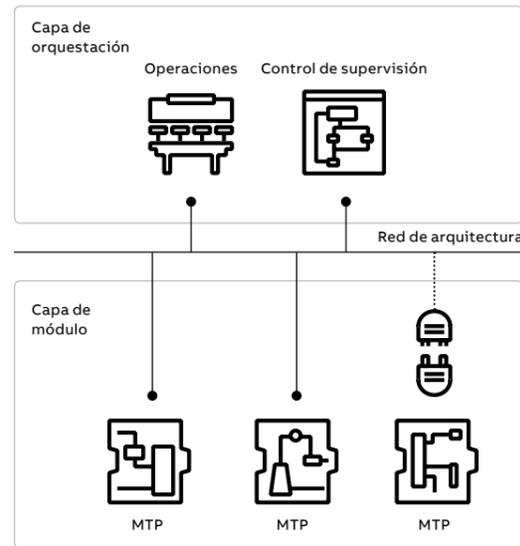
- La capa de módulo: un controlador pequeño que ejecuta la lógica de un único módulo de proceso.
- La capa de orquestación: aquí, los módulos de proceso se integran y combinan para formar una planta de proceso.

A diferencia de la planta tradicional, que puede basarse en muchos miles de etiquetas, una planta modular se parece más a un entorno de software orientado a objetos, pero con un enfoque orientado a funciones, basado en módulos. Un logro del proyecto conjunto es la definición de una interfaz de módulo de proceso, el denominado paquete de tipo de módulo (MTP), que permite la perfecta integración de los módulos de proceso en un sistema de orquestación [1] →1.

Dentro del MTP se especifican las interfaces de automatización necesarias para la comunicación entre el sistema de automatización de los módulos y el sistema de orquestación subyacente. El MTP sirve para identificar la funcionalidad y las interfaces de comunicación de un sistema de automatización modular y, por lo tanto, es la clave del bajo esfuerzo de ingeniería de automatización que prometen las arquitecturas de las plantas modulares.

La capa de módulo se monta a partir de los tipos de módulos necesarios, que puede elegir el ingeniero. Cada módulo proporciona un conjunto de funciones de proceso encapsuladas, denominadas servicios, que se pueden orquestar desde un sistema de control de supervisión. Estos servicios describen funciones del proceso, tales como mezclar, templar o calentar. Los módulos trabajan juntos para cumplir los requisitos de la planta.





01

Al construir un nuevo sistema, primero se diseñan los tipos de módulos y después se integran en el sistema de supervisión. Al reutilizar módulos del mismo tipo, el esfuerzo de ingeniería de la planta puede reducirse de manera espectacular.

La comunicación entre la capa de módulo y la capa de orquestación se realiza mediante OPC UA. El sistema de control de supervisión es un cliente OPC UA que se conecta a los servidores OPC UA de los módulos y los utiliza para comunicar los comandos necesarios al módulo.

Para los requisitos más modestos de la capa de módulo, puede recurrirse a un sistema de automatización más pequeño, como, por ejemplo, un controlador Freelance AC700F o la familia B&R X20. Para la capa de orquestación, se ha elegido el Extended Automation System 800xA de ABB.

Al reutilizar módulos del mismo tipo, el esfuerzo de ingeniería de la planta puede reducirse de manera espectacular.

Capa de orquestación

Encima de los módulos está la capa de orquestación. La capa de orquestación controla los módulos y los servicios que contienen -arrancándolos, parándolos y visualizándolos- y muestra la HMI del módulo, de acuerdo con las especificaciones del módulo definidas en el MTP. Una capa típica de orquestación no utiliza otro controlador, sino que controla los módulos mediante OPC UA a través, por ejemplo, de un PC normal. Dado que los módulos se definen de una manera muy cómoda en el MTP, la ingeniería de un sistema de orquestación es muy sencilla y rápida.

Ingeniería de la capa de orquestación

La ingeniería de la capa de orquestación tiene tres partes: una biblioteca de tipos de módulos, la definición de la estructura de la planta y la definición de la filosofía de control.

Una parte esencial del concepto es la biblioteca de tipos de módulos extensible. Cada tipo de módulo utilizado se importa a la biblioteca y está accesible para el resto de partes. La importación se realiza simplemente seleccionando un archivo MTP. No se requiere más configuración.

Una vez añadidos a la librería los tipos de módulos necesarios, el ingeniero puede utilizarlos para definir la estructura de la planta. Cada tipo de módulo expone sus contornos dentro del MTP. Los contornos pueden tratarse como puntos de conexión del módulo, ya sea para una conexión material (conexión de una tubería) o para una conexión de flujo de información (conexión de una señal). Esta información puede utilizarse para la ingeniería de la topología de la planta. Para cada módulo, se introduce un símbolo en el editor de topología y, con ello, se crea una instancia del módulo →2. Los módulos están interconectados mediante sus entradas y salidas, según lo diseñado en el MTP. Cada módulo tiene un nombre de etiqueta único para poder ser identificado en el sistema de control de supervisión.

El último paso es la definición de una filosofía de control. Para la ingeniería de la filosofía de control se utiliza un enfoque basado en un diagrama de funciones secuenciales (SFC). Dentro del SFC, se pueden definir pasos, transiciones y ramales paralelos y alternativos, según lo descrito en la IEC 61131 Parte 3. La principal diferencia con los SFC estándar es la definición de la lógica de control

— 01 Arquitectura del sistema de automatización modular de ABB.

— 02 Modelización de la planta mediante módulos de proceso. Para cada módulo se genera una pantalla.

— 03 Para cada etiqueta de cada módulo, las ventanas y los símbolos tienen acceso inmediato a los valores online. La dinamización se realiza automáticamente.

— 04 Lugar de trabajo de la orquestación de módulos dentro del Sistema 800xA. Se crea automáticamente una vista general que muestra las topologías de la planta modular y las secuencias para la orquestación.

detrás de los pasos y las transiciones. En lugar del código de la IEC 61131 Parte 3, se utilizan una lista de los módulos, los servicios del módulo y los posibles comandos. Los módulos que pueden utilizarse se incluyen automáticamente en las tablas en función de la estructura de planta previamente diseñada.

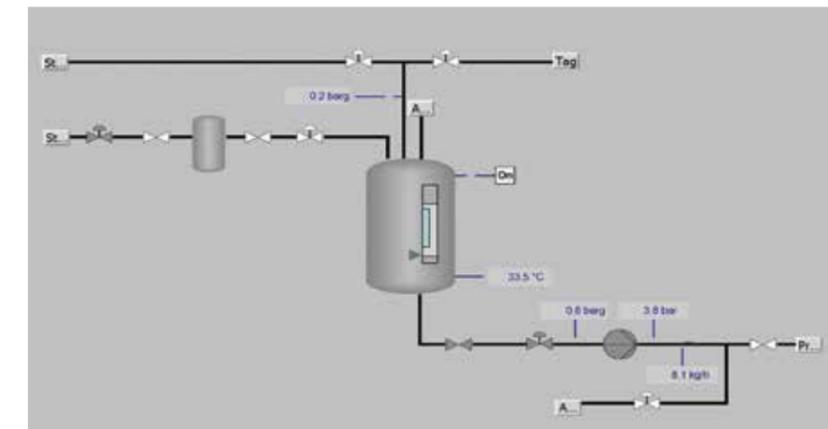
Con este concepto de ingeniería tan sencillo, se puede generar gran parte del tiempo de ejecución. El tiempo de ejecución consta de dos partes principales: la visualización y la orquestación de los módulos.

Desde la herramienta de ingeniería, la información necesaria para la planta se importa al System 800xA. En el Sistema 800xA se genera automáticamente toda la información relevante para los operadores y los ingenieros de la planta →2-4.

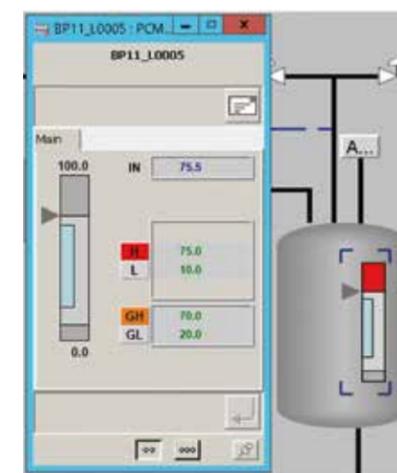
Con la generación descrita de la orquestación del Sistema 800xA, la ingeniería de la planta modular y la configuración del tiempo de ejecución de la orquestación están casi completamente automatizados. El usuario obtiene un entorno de operación totalmente funcional que es capaz de orquestar los módulos inmediatamente, una vez establecida una conexión online.

Aplicaciones piloto

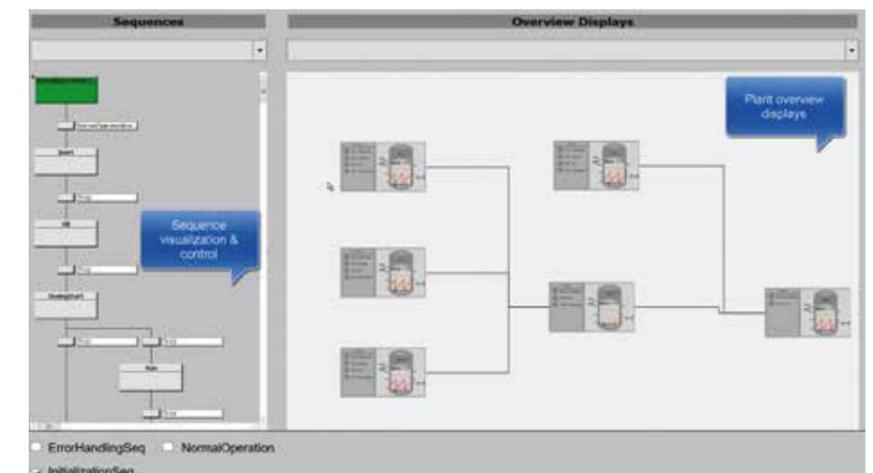
Para comprobar que los conceptos funcionan, se ha aplicado un prototipo a dos situaciones: una en colaboración con NAMUR (la asociación alemana de usuarios de tecnología de automatización en industrias de proceso) y otra, un caso piloto en la vida real, en colaboración con la compañía farmacéutica Bayer AG.



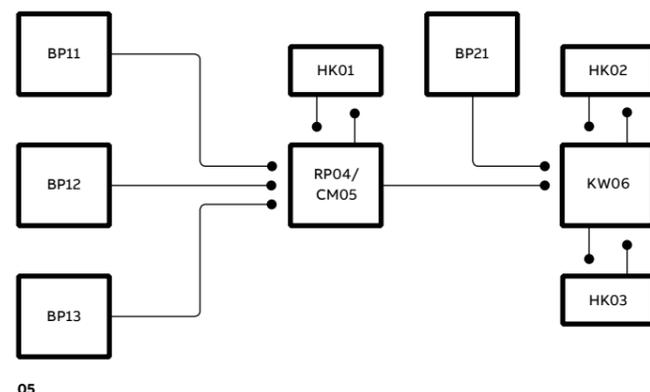
02



03



04



Aplicación de NAMUR

La aplicación de NAMUR consta de tres tipos de módulos diferentes, cada uno con un conjunto de entre dos y cuatro funciones que pueden utilizarse:

- Alimentador (BPxx), utilizado cuatro veces en la planta. Funciones: inertización, dosificación, vertido y llenado.
- Reactor de mezcla (RPxx), utilizado una vez en la planta. Funciones: inertización, funcionamiento y temple.
- Destilación (KWxx), utilizado una vez en la planta. Funciones: inertización y ejecución.

La ingeniería de la planta modular y la configuración del tiempo de ejecución de la orquestación están casi completamente automatizados.

Los módulos se conectan según se muestra en →5. Tres de los módulos del alimentador constituyen un sistema de dosificación para el reactor de mezcla. El reactor de mezcla introduce su producto en una etapa de destilación que también está conectada a un módulo alimentador.

Además, hay calentadores conectados (HKxx en →5). Estos se despreciaron en la aplicación piloto. Además, el reactor puede cambiarse por un reactor continuo (CM05 en →5). Este módulo es muy similar al reactor RP y no se ha utilizado en esta aplicación piloto.

Antes de ejecutar el resto de funciones, el proceso debe inertizarse, de forma que no haya reacciones contaminantes no deseadas. Por lo tanto, estas otras funciones de los tipos de

módulos deben estar interconectadas con la función de inertización.

Para cada tipo de módulo debe proporcionarse una HMI. Las HMI se obtuvieron a partir de los diagramas de tuberías e instrumentación facilitados por NAMUR para el caso práctico.

También se facilitó una descripción de los módulos y la planta modular. Tomando como base esta información, se han implantado los módulos del caso práctico utilizando componentes y el prototipo de ABB. Para cada tipo de módulo se ha creado un MTP.

Estos MTP se han utilizado para diseñar la topología de la planta y se ha desarrollado una secuencia para el arranque de la planta. La secuencia se detiene cuando la planta alcanza un estado estacionario.

Aplicación piloto de Bayer

La aplicación piloto suministrada por Bayer es un sistema de una planta de filtración que produce principios activos farmacéuticos. Para el piloto, se equiparon dos de los módulos con controladores ABB Freelance y uno de ellos con un controlador B&R X20. La ingeniería se realizó utilizando el prototipo y el software de ingeniería Freelance.

Los servicios para cada tipo de módulo se obtuvieron a partir de los diagramas de tuberías e instrumentación, las descripciones funcionales, las secuencias, los ejemplos de códigos y las listas de etiquetas facilitados. Se tomaron como entrada los documentos de ingeniería convencional y se convirtieron en una descripción basada en servicios.

—
05 Ejemplo suministrado por NAMUR.

—
06 Módulo de filtración Bayer equipado con el sistema de automatización modular de ABB. Foto cortesía de Bayer AG.

Referencias

[1] Jens Bernshausen et al., "NAMUR Module Type Package – Definition," atp edition, 58(1-2), pp.72-81, (2016).

[2] ABB, "Modular automation solution for life science company Bayer AG." Available: new.abb.com/life-sciences/references/modular-automation-solution-for-life-science-company-bayer-ag

Posteriormente, se crearon los MTP y se añadieron a la biblioteca de MTP en la herramienta de ingeniería de orquestación. En esta herramienta se diseñaron la topología de la planta modular y las secuencias para el funcionamiento de la planta. Uno de los módulos resultantes puede verse en →6 [2].

Las aplicaciones piloto demuestran que los conceptos de automatización modular en las plantas modulares, incluido el control de operación y supervisión, funcionan.

Ambas aplicaciones piloto demuestran que los conceptos funcionan y cumplen los objetivos de menor esfuerzo de ingeniería, menor tiempo de puesta en servicio y rapidez de salida al mercado.

La automatización modular permite una ingeniería rápida

Las aplicaciones piloto demuestran que los conceptos de automatización modular en las plantas modulares, incluido el control de operación y supervisión, funcionan. El esfuerzo de ingeniería necesario para configurar el sistema con este nuevo enfoque demostró ser sustancialmente menor al de los métodos tradicionales. Además, una vez puesto en servicio un módulo, este estará disponible para su reutilización, lo que acelera la ingeniería y puesta en servicio futura de una planta modular. En general, el esfuerzo de ingeniería y puesta en servicio de la planta se reduce considerablemente.

El resultado final es un producto de software que puede utilizarse para la automatización de plantas modulares.

El proyecto supuso una valiosa aportación a los esfuerzos de normalización del MTP. Los resultados obtenidos con el proyecto también se han utilizado en la comunidad con distintas perspectivas (universidad, investigación corporativa, desarrollo de productos y propietario de plantas). De este modo, la norma, que seguirán manteniendo los socios del proyecto, podría avanzar de manera significativa.

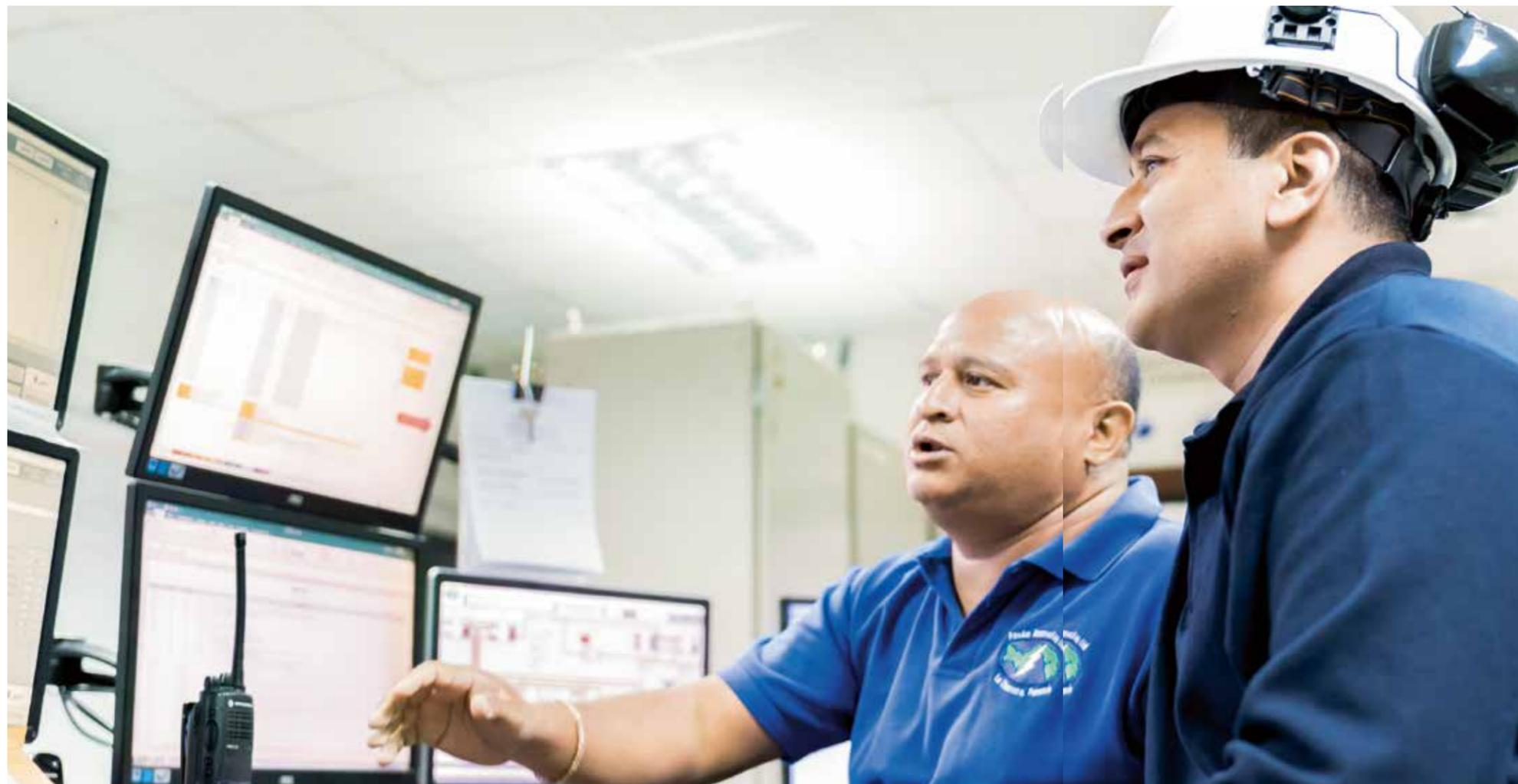
El resultado final es un producto de software que puede utilizarse para la automatización de plantas modulares. ABB y sus socios profundizarán en este desarrollo para cumplir los requisitos más recientes, integrar las características que faltan y cumplir las partes más recientes de la norma. •



SISTEMAS AUTÓNOMOS

Desenmarañando eventos y alarmas con herramientas de análisis de datos

Las nuevas herramientas de diagnóstico y análisis de datos integrales y a medida de la experiencia de ABB proporcionan a las industrias de proceso formas transparentes de identificar, comparar y gestionar las perturbaciones, las avalanchas de alarmas y los datos de series temporales. Instalado in situ o en la nube, este novedoso y singular sistema ayuda a los ingenieros a tomar mejores decisiones.



Actualmente, los sistemas de automatización de procesos producen continuamente enormes cantidades de datos. Pensemos en un sistema aguas arriba de petróleo y gas: los ingenieros de mantenimiento de ABB reciben mensualmente unos 1,5 GB de datos comprimidos con más de 3900 etiquetas y 250 000 alarmas y eventos. Para su uso industrial, esta avalancha de información debe estar disponible y su veracidad debe ser indiscutible.

—
DIAS combina modernos enfoques de análisis de datos con la dilatada experiencia de los ingenieros de mantenimiento de ABB para ofrecer una solución integral de análisis de procesos.

El análisis de datos es la clave definitiva para explotar la inmensa cantidad de información generada de forma que pueda discernirse entre estados de proceso deseables y no deseables, puedan formularse recomendaciones para la mejora y los operadores puedan proceder con las acciones necesarias. Sin embargo, el proceso de identificar la información verdaderamente útil a partir de datos brutos requiere un conocimiento profundo del dominio, y el proceso resulta muy tedioso.

Dado que la seguridad, la eficiencia y la rentabilidad van de la mano, ABB ha desarrollado una nueva solución de análisis para las necesidades de automatización actuales de las industrias de proceso: Data Analytics Tools for Industrial Automation (DIAS). Creado en 2017 para impulsar las capacidades de análisis y diagnóstico, DIAS combina modernos enfoques de análisis de datos con la dilatada experiencia de los ingenieros de mantenimiento de ABB para ofrecer una solución integral de análisis de procesos →1. Los clientes obtienen una vista global de los datos históricos, complementada con gráficos interactivos que permiten a los ingenieros concentrarse en detalles importantes y realizar análisis de datos inteligentes y eficientes. De este modo, se adquiere contexto y conocimiento de los procesos. El resultado es una mejor toma de decisiones y un funcionamiento más seguro y rentable.

—
 01 DIAS ayuda a los operadores a diagnosticar perturbaciones y avalanchas de alarmas en las modernas salas de control de las industrias de proceso.

—
Nuo Li
Martin Hollender
Andrew Cohen
Moncef Chioua
Matthieu Lucke
 ABB Corporate Research
 Ladenburg, Alemania

nuo.li@de.abb.com
 martin.hollender@de.abb.com
 andrew.cohen@de.abb.com
 moncef.chioua@de.abb.com
 matthieu.lucke@de.abb.com

—
Rheinhard Bauer
 Antiguo empleado de ABB

Explorador de alarmas y eventos

Las alarmas indican perturbaciones en las plantas de proceso. Una vez activadas, las alarmas pueden propagarse rápidamente y estas avalanchas pueden sobrecargar a los operadores que podrían no ser capaces de gestionar estos eventos de forma segura. Estas avalanchas de alarmas en el sector químico son la causa de la mayoría de los incidentes industriales investigados por el Consejo de Seguridad Química de Estados Unidos [1]. El funcionamiento seguro de una planta no solo es imprescindible para la mano de obra humana, sino que los costes asociados a estos eventos también pueden menoscabar la rentabilidad.

Por esta razón, ABB ha explorado formas de mejorar el proceso de análisis de datos en una planta offshore de separación de gas y petróleo →2. Estas plantas están diseñadas para separar el crudo de petróleo, el gas y los condensados en un lugar cercano al pozo antes de exportar estos materiales. A ABB le confiaron los datos operativos de una planta para evaluar el sistema DIAS; estos datos se registraron durante un período de 382 días.

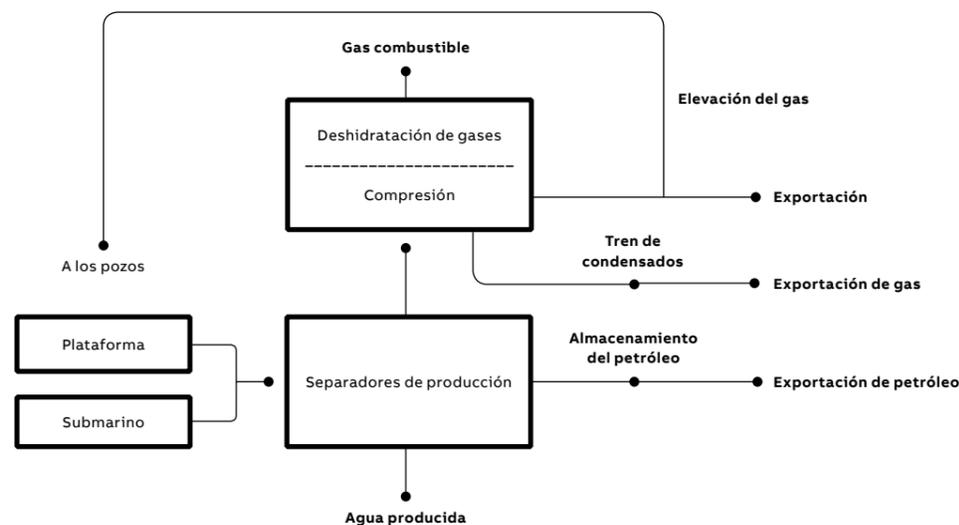
El sistema de ABB permite a los ingenieros de mantenimiento localizar e investigar cualquier evento sospechoso. AE Explorer reordena la vista para inspeccionar el evento de una forma rápida y sencilla.

Basándose en su experiencia, los ingenieros de mantenimiento de ABB empezaron a investigar alarmas de procesos y eventos de disparo. El explorador de datos de alarmas y eventos de DIAS (AE Explorer) demostró ayudar a los ingenieros a identificar rápidamente eventos interesantes. Los resultados de exhaustivas son inteligibles →3. Profundizando en los detalles, arrastrando y mediante muchas otras acciones, los ingenieros pueden explorar fácilmente los datos para obtener claridad sobre el evento o la situación en cuestión.

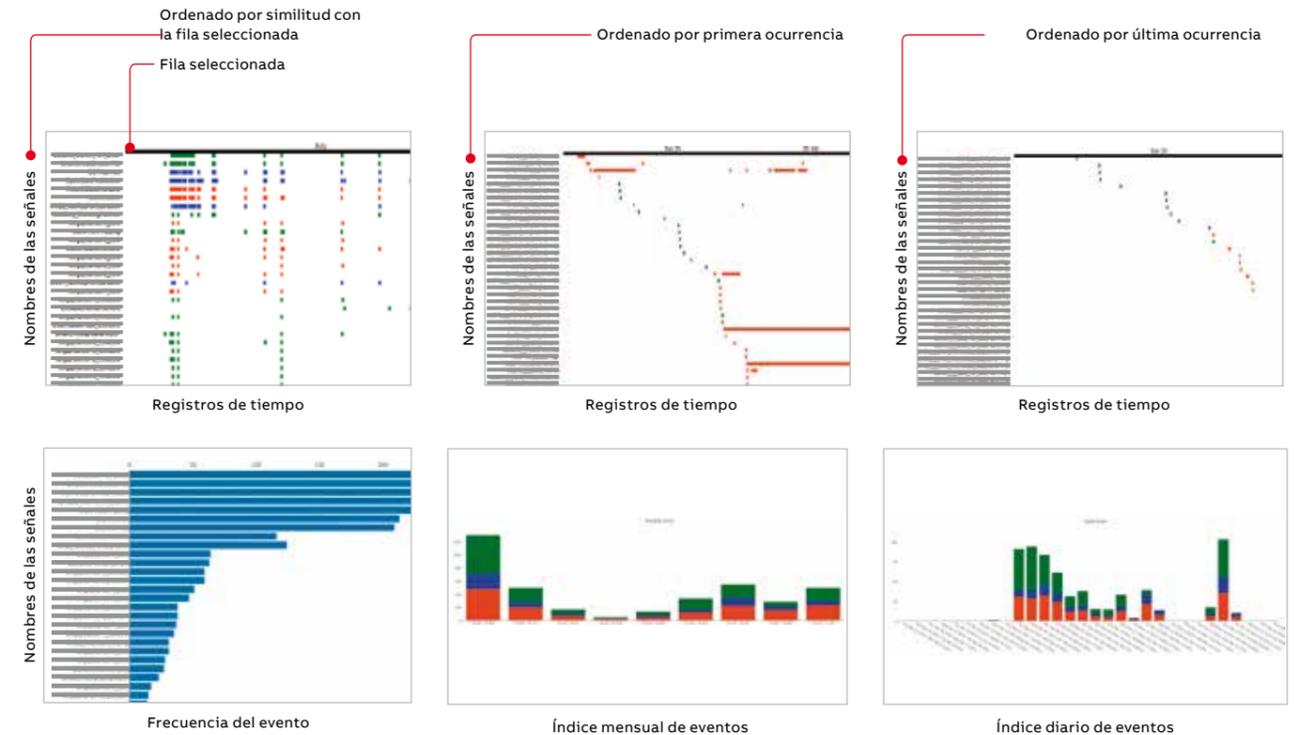
Si los ingenieros de mantenimiento detectan un evento sospechoso, pueden seleccionar este evento y activar la función «investigar». A continuación, el AE Explorer reorganizará la vista para que los operadores puedan inspeccionar el evento en cuestión de una forma rápida y sencilla. Y, en función del resultado de la clasificación, el usuario recibirá una imagen clara de la cadena causal de los eventos →4. Así, DIAS permite a los ingenieros mejorar su respuesta ante situaciones cotidianas como, por ejemplo, perturbaciones.

Análisis de situaciones anómalas

El uso de sistemas de control distribuido y la interconectividad de las plantas de proceso han supuesto que la avalancha de alarmas suponga un verdadero reto para la gestión de alarmas en las plantas de proceso modernas [2]. La capacidad de diagnosticar con rapidez y precisión las recurrentes avalanchas de alarmas puede aportar un valor sustancial al funcionamiento de una planta. Así pues, DIAS ofrece una innovadora herramienta basada en el aprendizaje automático para agrupar y clasificar las avalanchas de alarmas problemáticas, identificando selectivamente las avalanchas de alarmas recurrentes a partir de la ingente cantidad de datos operativos.



03a



03b

02 Vista general de procesos de la planta de separación.

03 Se muestra el explorador de datos y eventos de DIAS (AE Explorer).

03a Puede accederse a una hoja de ayuda.

03b El AE Explorer facilita la identificación y clasificación de los eventos.

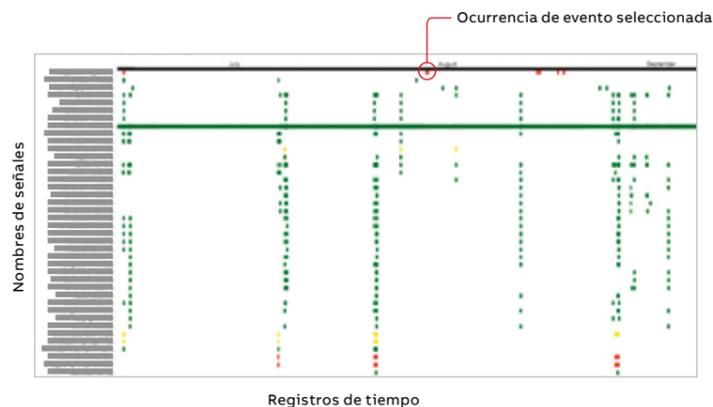
ABB probó rigurosamente esta útil función en una planta offshore de separación de petróleo y gas →2. En este caso, DIAS identificó 1473 etiquetas de alarma únicas. Dado un umbral de avalancha de alarmas de ocho alarmas cada 10 minutos, DIAS identificó 926 avalanchas de alarmas y las agrupó, automáticamente, en cinco clases en base a su similitud. En una situación anómala, DIAS agrupó 16 avalanchas de alarmas en la misma clase. DIAS también identificó con precisión la ubicación de la situación anómala, es decir, el sistema de reinyección de agua producida (PWRI) →5.

Las secuencias de la avalancha de alarmas, en la clase citada anteriormente, empiezan con una alarma de caudal bajo en la bomba P11 (A FICA 130 L, el flujo de salida) y, poco después, están seguidas de una alarma de caudal bajo en la bomba P21 (A FICA 116 L, el flujo de salida), lo que provoca disparos en ambas bombas. El nivel del tambor de desgasificación aumenta rápidamente hasta que se activan sucesivamente las alarmas de nivel alto correspondientes al nivel de agua (C LICA 128A H) y al nivel de aceite (C LT 118 H).

DIAS ofrece una innovadora herramienta basada en el aprendizaje automático para agrupar y clasificar las avalanchas de alarmas problemáticas.

Este nuevo enfoque de coactivación de alarmas demostró ser adecuado para el análisis de secuencias en curso y superior al enfoque de alineación de secuencias establecido para el análisis de episodios anómalos en esta planta de separación de petróleo y gas [2,3].

Dado que para los seres humanos es crucial entender e interpretar los resultados de los algoritmos de aprendizaje automático, DIAS incorpora capacidades inestimables: proporciona transparencia a los ingenieros y les permite mejorar sus resultados de agrupación basándose en su conocimiento de los procesos. Esto se consigue gracias a una intui-



04

tiva interfaz gráfica de usuario (GUI). Por ejemplo, dos de las 16 avalanchas de alarmas que agrupó el algoritmo se presentan en el mismo recuadro vertical →6a. Así, los ingenieros pueden inspeccionar y validar las clases resultantes, aplicando herramientas de comparación específicas o el AE Explorer.

Para ayudar aún más a los ingenieros de mantenimiento a determinar las causas raíz fundamentales de las avalanchas de alarmas similares, AE Explorer puede etiquetar avalanchas de alarmas similares con reglas verticales y, a continuación, AE Explorer puede buscar eventos que hayan sucedido con frecuencia, poco antes y, o, después de las avalanchas de alarmas etiquetadas →6b. Cuanto mayor sea la frecuencia de un evento, mayor será la posibilidad de que este tenga una causa común a la de las avalanchas de alarmas etiquetadas →6c. Esta capacidad para clasificar eventos y eliminar las causas de la avalancha de alarmas contribuye a la seguridad, la productividad y, por tanto, la rentabilidad.

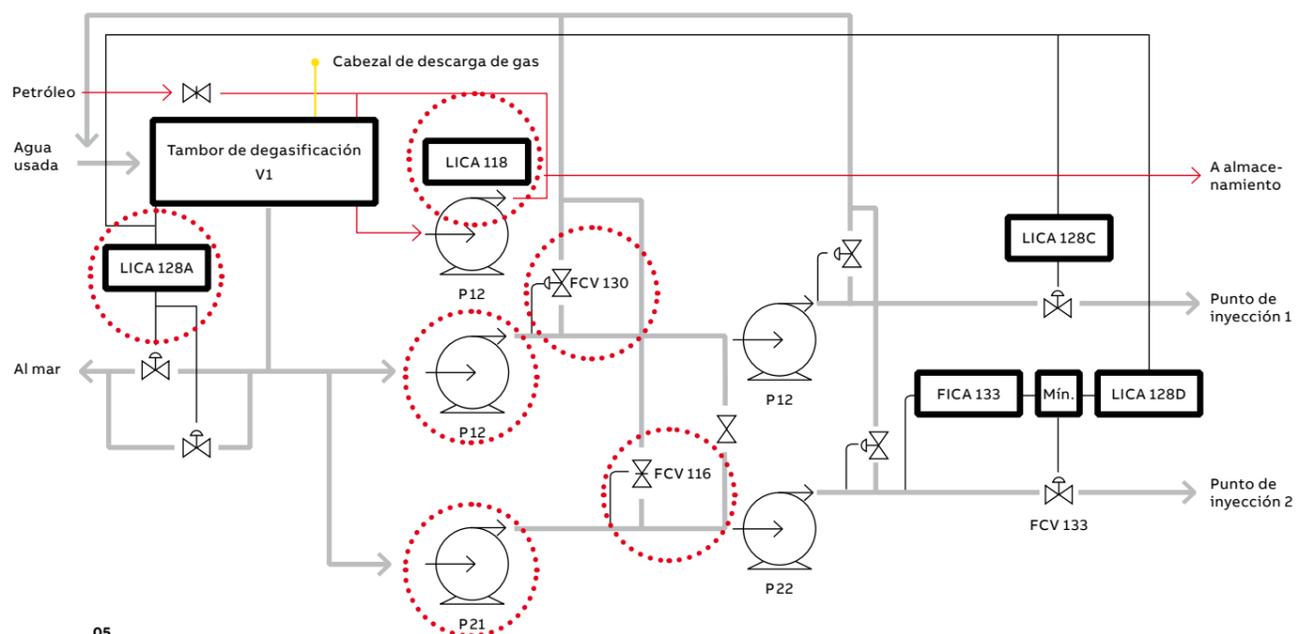
Exploración de datos de series temporales

Las industrias de minerales y cemento dependen del funcionamiento libre de obstáculos de los accionamientos sin engranajes para molinos. Para mejorar la capacidad de análisis de estos sistemas, los ingenieros de mantenimiento de ABB analizan los datos operativos generados por estos accionamientos, pero poniendo especial atención en los valores de las señales de series temporales producidas poco antes y después de un evento. Para ello pueden utilizar inicialmente el AE Explorer para identificar el evento de interés. A

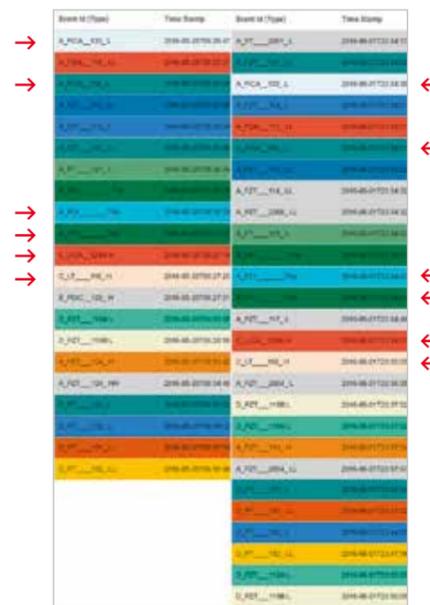
DIAS ofrece vistas de mapas térmicos que destacan características importantes de los datos de series temporales.

continuación, DIAS puede dirigirlos a la vista de transitorios, donde pueden comparar y analizar los datos de series temporales registrados poco antes y después del evento seleccionado →7a.

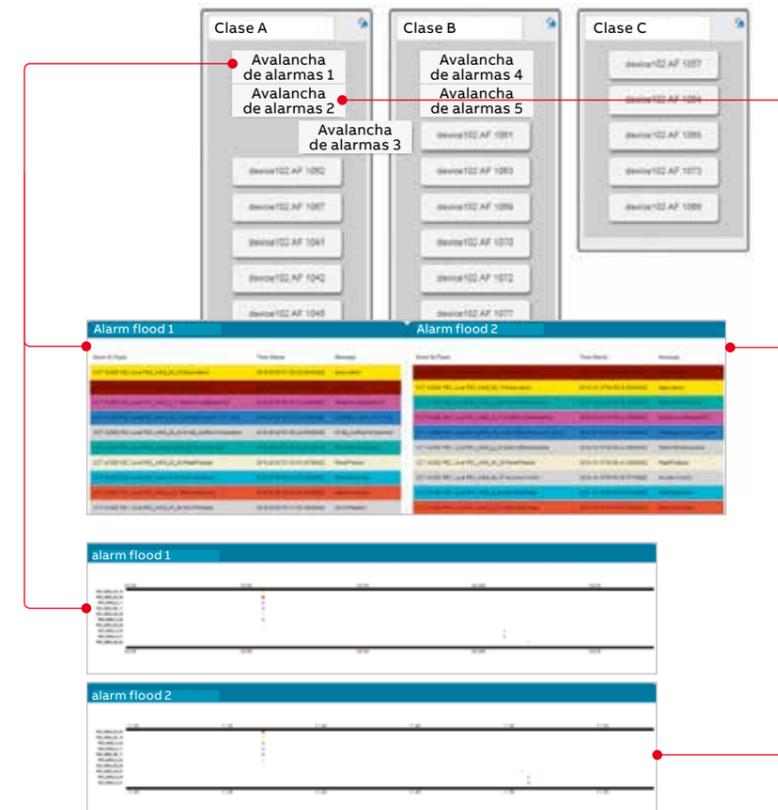
El visualizador del registrador de transitorios permite a los ingenieros de mantenimiento conocer en profundidad el historial de un evento. Por ejemplo, pueden identificar un fallo de sensor al comparar la diferencia entre los valores de corriente medidos a la entrada y salida del motor →7b.



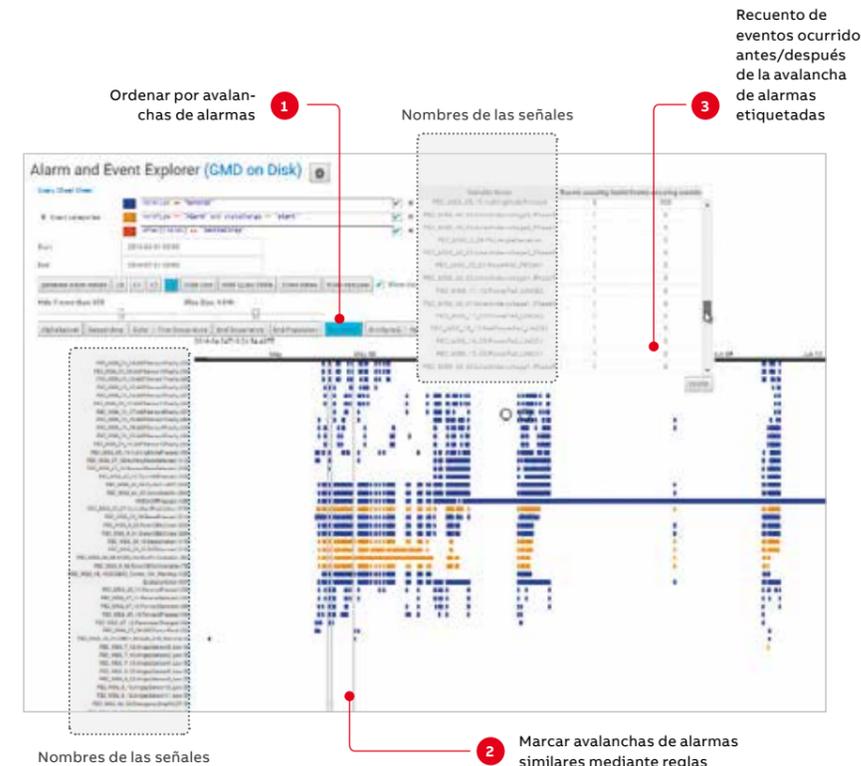
05



06a

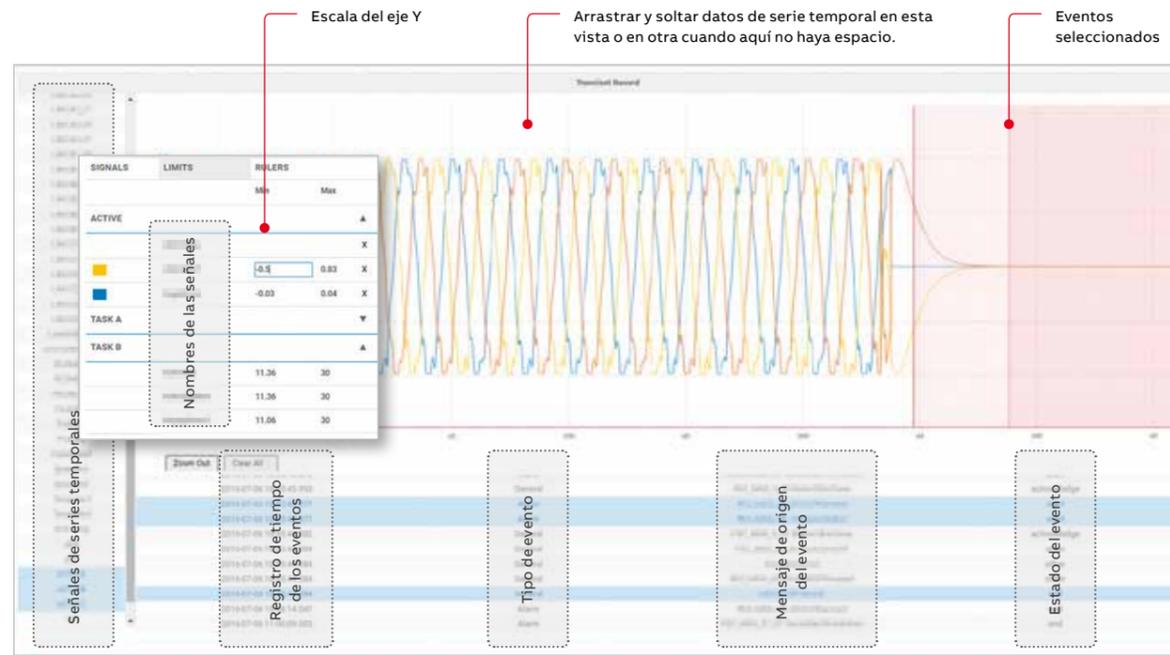


06b

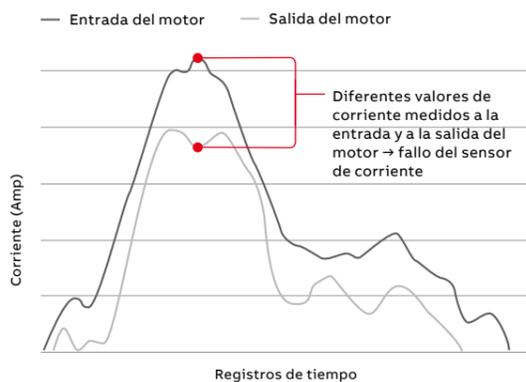


06c

- 04 Se muestra la cadena causal del evento.
- 05 Diagrama de procesos de la sección PWRI. El gris indica el sistema de agua, el negro el sistema de petróleo y el amarillo el sistema de gas. Causa raíz diagnosticada: cambio de tipo de combustible en las bombas.
- 06 DIAS permite a los ingenieros reconocer las avalanchas de alarmas y los eventos.
- 06a Dos avalanchas de alarmas agrupadas en la misma clase por DIAS.
- 06b Los ingenieros pueden comprobar y ajustar los resultados de la agrupación o clasificación
- 06c Se puede identificar una causa común para varias instancias de fallo.



07a



07b

Además de ofrecer una visión general de situaciones interesantes específicas en las señales, DIAS proporciona vistas de mapas térmicos que destacan características importantes de los datos de series temporales, por ejemplo, un mapa térmico que muestra cambios bruscos en las señales →8a. Cada episodio de mapa térmico observado representa un nivel de cambio abrupto de una señal en un momento específico. Cuanto más oscuro sea el color, mayor será el nivel de cambio. Cuando los ingenieros seleccionan un episodio, son redirigidos a un visor de tendencias de alta resolución para inspecciones más en detalle. Otra herramienta útil es el visor de tendencias de alta densidad DIAS, que puede proporcionar a los ingenieros una vista general de los datos de series temporales consultados →8b. Para ayudar a los ingenieros a conocer mejor los patrones de variación temporal, el visor de tendencias clasifica

las señales basándose en la similitud de la forma de la tendencia; las formas más similares están clasificadas en los primeros puestos y aparecen enumeradas en la parte superior. Todas estas herramientas ofrecen las capacidades necesarias que hacen de DIAS un sistema de análisis inestimable para las industrias de proceso que dependen de accionamientos sin engranajes para molinos.

Evolución DIAS y aplicaciones futuras

Gracias a sus décadas de experiencia prestando un servicio ejemplar a las industrias de proceso, los ingenieros de mantenimiento de ABB han acumulado un profundo conocimiento sobre datos operativos y han desarrollado mejores prácticas para analizar los datos. DIAS se ha desarrollado iterativamente con la aportación experta de los ingenieros para dar soporte su trabajo diario de la mejor manera posible. Para ABB, esto significa ofrecer los resultados de análisis más fiables posibles.

Utilizando tecnologías de vanguardia, ABB ha desarrollado DIAS como una aplicación web. Cada herramienta está modularizada y puede desplegarse in situ o en la nube.

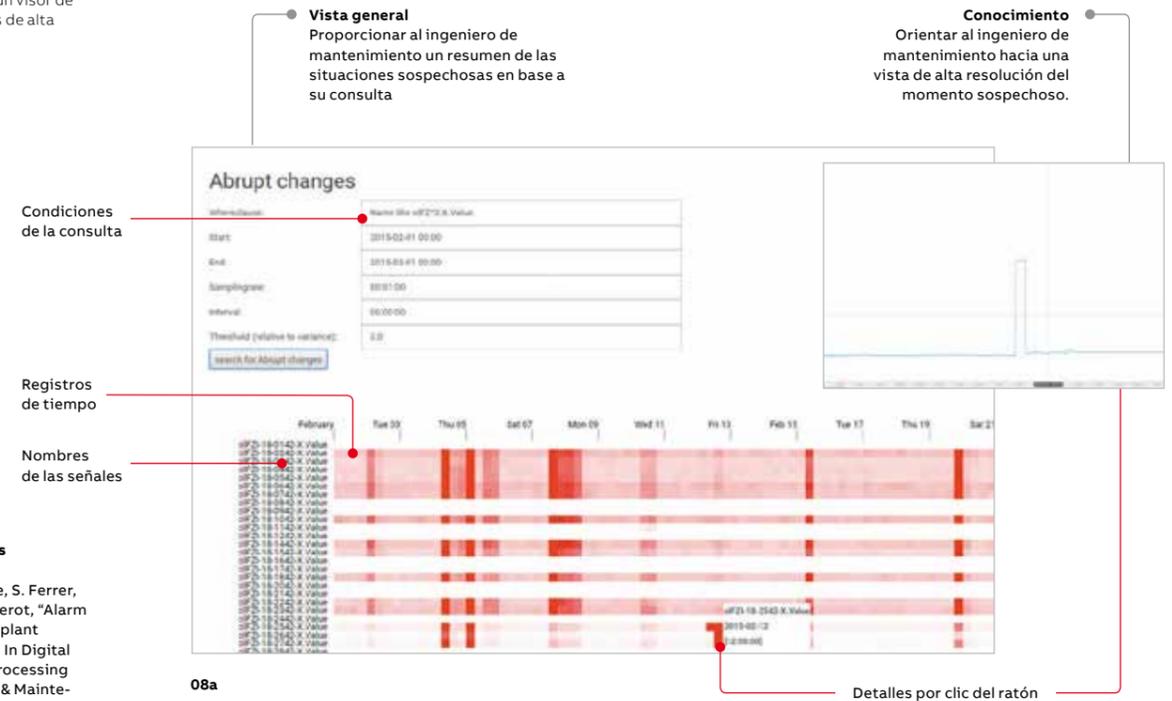
Utilizando tecnologías de vanguardia, DIAS se ha desarrollado como una aplicación web. Cada herramienta DIAS está modularizada y puede desplegarse in situ o en la nube.

- 07 Se muestra el visor del registrador de transitorios.
- 07a Al cambiar a la vista de transitorios, los operadores pueden concentrarse en eventos específicos.
- 07b Fallo del sensor de corriente puesto de manifiesto en la vista de transitorios.
- 08 AB Explorer cuenta con herramientas adicionales para ayudar aún más a los operadores.
- 08a Los operadores pueden localizar un mapa térmico que muestre los cambios bruscos.
- 08b Otra herramienta valiosa es un visor de tendencias de alta densidad.

Dada la amplia diversidad de sistemas de gestión de alarmas que utilizan actualmente las industrias de proceso, actualmente hay varios paradigmas populares de almacenamiento de datos de alarmas y eventos. Para alejar la complejidad de la conexión de datos del trabajo del ingeniero de servicio, DIAS ofrece conexiones de datos configurables. Además, las conexiones de datos pueden cambiarse fácilmente a través de la interfaz de usuario, como el sistema de archivos Real Time Database (RTDB) de ABB, el SQL Server de Microsoft, la base de datos de Oracle y la búsqueda Elasticsearch. Independientemente de qué almacenamiento de datos esté conectado, el ingeniero de mantenimiento puede buscar alarmas y eventos interesantes con una interfaz de consulta universal →3b. Estas consultas incorporan una gran cantidad de conocimiento de procesos.

Para compartir ese conocimiento y ahorrar esfuerzos de consulta, DIAS almacena plantillas de consulta y las pone a disposición de diferentes usuarios. Por lo tanto, los clientes tienen a su servicio un completo sistema flexible e intuitivo.

Actualmente, los ingenieros de mantenimiento de ABB de distintas unidades de negocio utilizan DIAS en casos reales de clientes. Además de las plantas aguas arriba de gas y petróleo y de las industrias que dependen de accionamientos sin engranajes para molinos, las centrales de generación eléctrica han utilizado DIAS con éxito. En el futuro, ABB lanzará herramientas individuales dentro de productos de ABB como: ABB Ability™ Manufacturing Operations Management y ABB Ability™ Performance Optimization for Control Loops para mejorar el control y el conocimiento. •



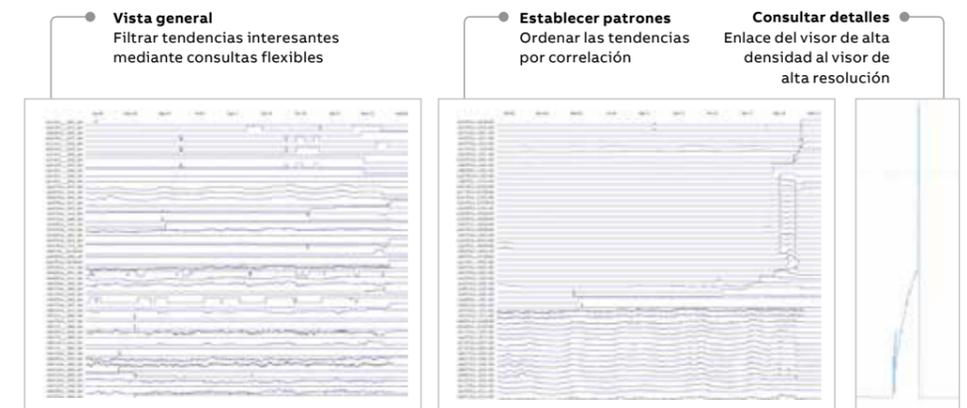
08a

Referencias

[1] D. Beebe, S. Ferrer, and D. Legerot, "Alarm floods and plant incidents". In Digital Refining Processing Operation & Maintenance, ProSys Inc, 2007.

[2] V.R. Marco, M. Chioua, T. Häggglund, T., and M. Hollender, "Causal analysis for alarm flood reduction". Proceedings of 11th IFAC Symposium on Dynamics and Control of Process Systems, including Biosystems (DYCOPS-CAB 2016), June 6-8, Trondheim, Norway, 2016, pp. 723-728.

[3] M. Lucke, M. Chioua, C. Grimholt, M. Hollender and N.F. Thornhill, "Online alarm flood classification using alarm coactivations". Proceedings of 10th IFAC Symposium on Advanced Control of Chemical Processes, July 25-27, Shenyang, China, 2018, pp. 345-350.



08b

SISTEMAS AUTÓNOMOS

Nuevo panel de recopilación de datos

El nuevo Drive Connectivity Panel de ABB aprovecha la potencia de la última tecnología móvil de Internet de las Cosas (IoT) para interactuar con los accionamientos en una serie de entornos industriales. Gracias a la conectividad del panel con los servicios en la nube de ABB Ability, los clientes pueden supervisar a distancia el estado de sus accionamientos de ABB, KPI operativos y mucho más. Este enfoque directo a la nube es único.



Roland Schmale
ABB Drives, Digital
Ladenburg, Alemania

roland.schmale@
de.abb.com

ABB, líder en el mercado de accionamientos estándar y premium, ha desarrollado el Drive Connectivity Panel →1, un dispositivo exclusivo plug&play que recibió el premio «Innovation Product 2018» en China otorgado por la revista Modern Manufacturing. El nuevo panel ofrece una serie de funciones diseñadas para facilitar la lectura y visualización de una amplísima gama de datos desde dentro del accionamiento. Los clientes pueden acceder a datos tales como valores del comportamiento del motor, macros de control, diagnósticos, eficiencia energética y ahorro energético, entre otros muchos.



Pasi V. Karhinen
ABB Drives
Helsinki, Finlandia

pasi.v.karhinen@
fi.abb.com

Los datos proporcionados por esta nueva plataforma pueden revelar el verdadero potencial de los accionamientos y ayudar a crear nuevos modelos de negocio y servicios personalizados.

Gracias a la última tecnología móvil de Internet de las Cosas (IoT) disponible en cualquier lugar, que incluye tanto el IoT de banda estrecha (NB) como Bluetooth, el panel puede interactuar con accionamientos industriales muy diversos. Y gracias a la conectividad del panel con los servicios en la nube de ABB Ability →2, el cifrado de datos y el alto nivel de ciberseguridad, los clientes pueden supervisar a distancia el estado de sus accionamientos ABB, los KPI operativos, los sucesos y las tendencias de parámetros históricos y en tiempo real con cargas continuas de



01

datos. La asistencia a distancia proporciona un fácil acceso a los expertos internos de ABB para localizar los problemas.

Todo esto supone un importante valor para el cliente en áreas como la gestión de dispositivos y activos, la supervisión remota del estado, el mantenimiento predictivo, la información sobre el tren motriz, el análisis del uso del producto y la optimización y personalización del producto. De hecho, los datos proporcionados por esta nueva plataforma pueden revelar el verdadero potencial de los accionamientos y ayudar a crear nuevos modelos de negocio y servicios personalizados.

02



01 El nuevo panel de conectividad de accionamientos de ABB permite a los clientes supervisar a distancia el estado de sus accionamientos de ABB y mucho más.

02 El panel de conectividad transmite los datos de un accionamiento al servicio en la nube Ability Condition Monitoring for Drives. Esto a su vez, proporciona información precisa y en tiempo real sobre los eventos de la transmisión, lo que mejora la disponibilidad, la fiabilidad y el mantenimiento del tren motriz.

03 La fabricación china, un área importante de negocio para ABB, se ha caracterizado por un crecimiento constante del IoT.

Cerca de la nube

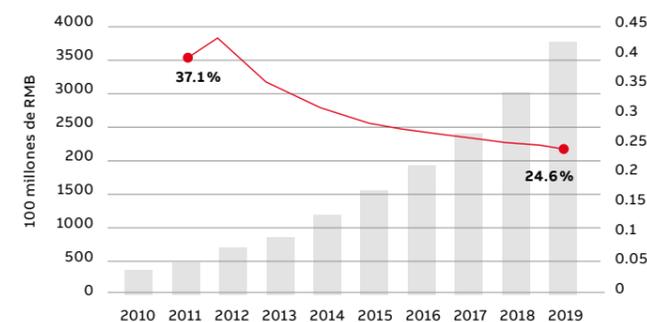
En muchas pequeñas y medianas empresas, muchas de las cuales se encuentran en ubicaciones remotas en grandes países como China →3, la aplicación de accionamientos puede plantear dificultades debido a la ausencia de una conexión a Internet in situ. En estas circunstancias, el cliente normalmente necesita instalar y poner en servicio una pasarela o un dispositivo de borde, una tarea que no solo requiere tiempo, sino que además necesita una conexión a un puerto de bus de campo, que puede estar ya en uso para la señalización de un autómata programable (PLC).

Aunque esto fuera posible, solo se comunicaría un subconjunto de datos del accionamiento a la pasarela de la nube, lo que significa que los datos a los que no tenga acceso el PLC no estarían disponibles. Además, los datos comunicados entre un PLC y un accionamiento a veces son insuficientes para dar soporte a los análisis de alto nivel, como el aprendizaje profundo, el análisis remoto del estado y la predicción de fallos.

En este caso, el Drive Connectivity Panel ofrece una respuesta: la instalación y puesta en servicio del panel consiste en un procedimiento plug&play que no requiere la parada del tren motriz. Los datos se recogen a través del bus del panel del accionamiento mediante un protocolo interno de ABB. Como resultado, los datos operativos del accionamiento, junto con los registros e incluso los datos de caja negra, pueden enviarse a la nube directamente a través de una red móvil utilizando NB-IoT. El hardware del panel incorpora un módem NB-IoT, una tarjeta SIM y una antena de alto rendimiento. Se cubre incluso el tráfico de datos. Además, la interfaz Bluetooth del panel permite la prestación a demanda de servicios de asistencia en remoto a través de su aplicación móvil Drivetune.

La instalación y puesta en servicio del panel consiste en un procedimiento plug&play que no requiere la parada del tren motriz.

La conexión directa a la nube del Drive Connectivity Panel es adecuada para un gran número de clientes que necesitan una solución en la nube de bajo coste →3. Estas empresas no pueden permitirse el coste de parar la maquinaria durante la producción para determinar la eficiencia operativa de un accionamiento y de todo el sistema de transmisión, si existen indicios de un fallo inminente y qué puede hacerse para minimizar la posibilidad de que se produzca un fallo durante la producción. Hasta la fecha, el enfoque directo a la nube de ABB sigue siendo único, algo que diferencia en mucho a los accionamientos de ABB del resto de sus competidores. •



03 Fuente: Ministerio de Industria y Tecnología de la Información de China

SISTEMAS AUTÓNOMOS

El aprendizaje automático resuelve la supervisión de los revestimientos de molinos

Para evitar que se desprenda mineral de los tambores de los molinos, se insertan revestimientos reemplazables. ABB y la Universidad de Ciencias Aplicadas de Berna han desarrollado un sistema de supervisión del desgaste de los revestimientos basado en acelerómetros y aprendizaje automático que permite identificar el mejor momento para cambiar el revestimiento, reduciendo así los costes de inactividad.

—
Venkat Nadipuram
ABB process Industries,
Mining, Aluminium and
Cement Baden-Daettwil,
Suiza

venkat.nadipuram@
ch.abb.com

—
Marco Jordi
Prof. Dr. Axel Fuerst
Instituto de la Universidad
de Ciencias Aplicadas
de Berna para Sistemas
Industriales Inteligen-
tes, i3s
Burgdorf, Suiza

En las minas grandes, el mineral se tritura in situ para extraer minerales valiosos. Los molinos que realizan esta extracción constan de un tambor grande en el que el propio mineral, y a veces también unas bolas de acero añadidas, llevan a cabo el proceso físico de trituración. A medida que el tambor gira, el mineral/las bolas se elevan por el lado del interior del tambor mediante paletas hasta el ángulo en cascada, desde donde caen para chocar contra el fondo, reduciendo el mineral.

Dado que el diámetro del tambor puede alcanzar hasta los 10 m, el tambor es una pieza costosa. Para evitar daños al tambor, se insertan revestimientos metálicos o de goma. El coste de sustitución de los revestimientos es alto debido al tiempo de inactividad del molino y a las piezas de sustitución, por lo que lo más económico es cambiar el revestimiento lo más tarde posible, pero también en un momento en el que se minimice la pérdida de producción. Para lograr este objetivo, es importante conocer el desgaste real del revestimiento. El desgaste puede medirse desde dentro del molino, pero para ello es necesario incurrir en una costosa parada de producción. Por lo tanto, es deseable un método que permita detectar el desgaste durante el funcionamiento →1.

Supervisión de las vibraciones

Cuando el mineral golpea el revestimiento, se producen vibraciones. Se ha demostrado que estas vibraciones y su función de transferencia cambian según el espesor del revestimiento y es en este efecto en el que subyace un método prometedor para medir el desgaste. En consecuencia, ABB y

el Instituto de Sistemas Industriales Inteligentes (I3S) de la Universidad de Ciencias Aplicadas de Berna llevaron a cabo simulaciones transitorias y de respuesta armónica para investigar este comportamiento. Los resultados mostraron claramente que la amplitud de la señal de aceleración de un revestimiento desgastado es mayor que la de un revestimiento nuevo.

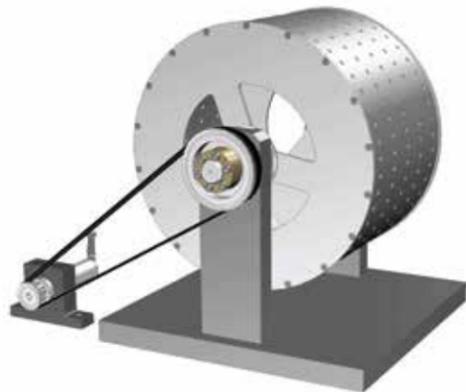
—
Resulta económico cambiar el revestimiento lo más tarde posible, pero también en un momento en el que se minimice la pérdida de productividad.

Para verificar estos hallazgos y porque el acceso a un molino de mineral real es difícil, se construyó un modelo a escala de un molino →2. Con este prototipo, ABB e I3S realizaron muchas mediciones experimentales con distintos espesores de revestimientos. Todos los datos de medición se analizaron con redes neuronales profundas y se clasificaron con una gran precisión en las clases de desgaste correctas.

Para transferir este proceso del laboratorio a un entorno de molino real, se realizaron mediciones en un molino de mineral real. Con estos datos, I3S y ABB desarrollaron un prototipo que permitió medir el estado del revestimiento y los parámetros de proceso de un molino que deben medirse durante su funcionamiento.

—
01 La supervisión del desgaste del revestimiento en equipos de molino de alto rendimiento es fundamental para maximizar el tiempo de actividad del proceso. La imagen muestra el molino de la mina Boliden en Garpenberg, Suecia, con actividad minera desde al menos 375 AC. Este molino contribuye a la cifra de producción de la mina de 2,5 millones de toneladas de mineral al año.





02a

Desgaste del revestimiento

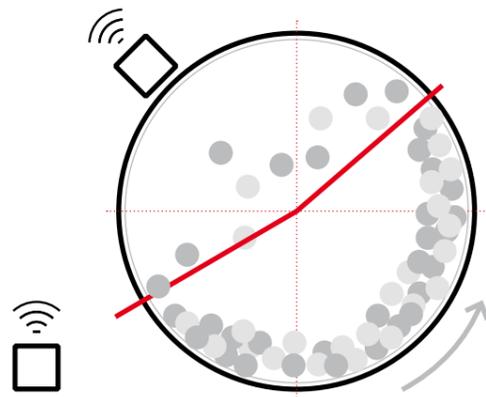
La medición del espesor del revestimiento se realizó indirectamente mediante sensores de aceleración en la superficie exterior del tambor del modelo a escala.

La señal en bruto de estos sensores se procesó para extraer características que una red neuronal profunda pudiera utilizar para reconocer patrones. La red de reconocimiento de patrones o «patternent» utilizada incluye una capa de entrada, tres capas ocultas con 500 neuronas cada una y una capa de salida para clasificar el espesor del revestimiento.

Los resultados mostraron una precisión muy alta (cerca del 98 %) en las mediciones del modelo a escala, es decir, solo el 2 % de los conjuntos de datos de medición se clasificaron erróneamente.

Se utilizó esta configuración para clasificar los datos a partir tanto del modelo a escala como de las pruebas de campo. En el laboratorio, se simuló siete estados distintos del revestimiento en el modelo a escala. Los espesores del revestimiento de 2 a 17 mm y las diferentes cargas reflejan estos estados. El objetivo era clasificar la señal en bruto previamente procesada en una de las siete clases correspondientes. Los resultados mostraron una precisión muy alta (cerca del 98 %) en las mediciones del modelo a escala. solo el 2 % de los conjuntos de datos de medición se clasificaron erróneamente. Esto refleja los resultados del aprendizaje (70 %) y del conjunto de datos de prueba (30 %). →4 muestra la matriz de confusión de la clasificación. Además, los datos que no están correctamente clasificados aparecen cerca de la diagonal de la matriz, lo que significa que el error de clasificación es pequeño.

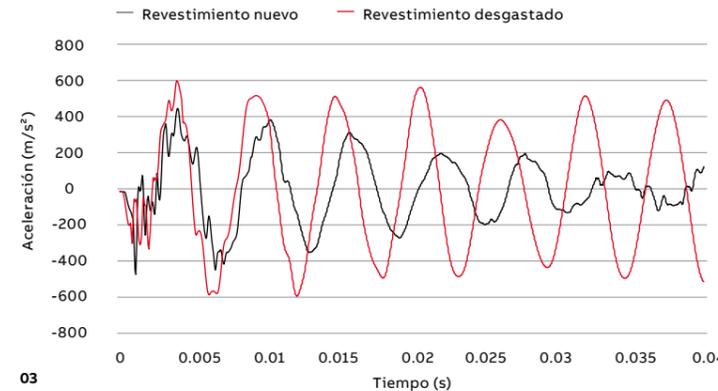
Los resultados de las mediciones de las pruebas de campo también mostraron una buena precisión. Caba esperar que la precisión fuera significativamente menor en este caso debido a los efectos ambientales, pero con una red neuronal profunda adaptada basada en Tensorflow [2] se obtuvo una precisión relativamente alta del 82,9 %. El objetivo es mejorar aún más la precisión con más datos.



02b

Simulaciones

La simulación de respuesta armónica y transitoria con el método de elementos finitos (FEM) en ANSYS [1] de modelos de revestimiento nuevos y desgastados reforzó la idea de que existe una diferencia medible en la señal de aceleración del revestimiento causada por el impacto del mineral en la pared del tambor entre un revestimiento nuevo y un revestimiento desgastado. Por ejemplo, las frecuencias procedentes de un revestimiento desgastado son mayores que las de un revestimiento nuevo. De hecho, a medida que la goma se desgasta, las propiedades de amortiguación disminuyen. Las principales diferencias medibles en las simulaciones se encuentran en las amplitudes →3. Esto se correlaciona con la teoría de que una fina capa de goma provoca un impacto más fuerte, lo que da lugar a mayores fuerzas de excitación.



03

02 Modelo a escala

02a Modelo a escala de un molino autógeno para mediciones experimentales en laboratorio. El modelo consta de un tambor de acero, un accionador con una correa dentada conectada a un pequeño motor eléctrico. El interior del tambor está recubierto con una capa de goma intercambiable para simular el revestimiento.

2b Esquema funcional del modelo a escala con ángulo de pie y hombro y sensor de aceleración WLAN. El sensor se coloca en la superficie exterior del tambor para medir la vibración. La señal de aceleración es la variable dependiente; el grosor del revestimiento y la carga del molino son variables independientes; y las revoluciones, la temperatura, el tamaño y la calidad de la piedra son variables controlables. Se realizaron diferentes mediciones con un espesor de revestimiento de 2 a 17 mm y una carga del molino de 1 a 4 kg. Para cada condición, se realizaron al menos dos mediciones de aceleración de 2 minutos con una frecuencia de muestreo de 970 Hz.

03 Señales de aceleración simuladas procedentes de la simulación transitoria de un revestimiento nuevo y un revestimiento desgastado. La señal de aceleración del revestimiento desgastado presenta amplitudes y frecuencias más altas procedentes de una amortiguación menor.

Ángulos de pie y hombro

Para determinar el ángulo de la cascada dentro del molino de mineral, se utilizaron los datos de la señal de aceleración de un giro del molino real. En →5 puede verse la señal de aceleración de una rotación. En la zona de impacto, donde las piedras golpean el revestimiento, se aprecian grandes amplitudes. Además, en la región del ángulo de hombro, cuando las piedras abandonan el revestimiento, se aprecian cambios en la señal. Esto se debe a que, en la zona del ángulo de hombro, los trozos de mineral están sueltos unos encima de otros. El vector de la gravedad cambia en relación con la posición del mineral y el mineral empieza a

abandonar el lecho de roca deslizándose hacia el centro del lecho de roca, creando vibraciones en la carcasa del molino.

Para averiguar los ángulos de pie y hombro, se calcula la entropía de información de la señal. La entropía de la señal (a lo largo de una ventana móvil determinada) representa la cantidad de información contenida en la señal [3]. En otras palabras, cuanto más aleatoria e impredecible sea la señal de aceleración debido a los impactos, mayor será su entropía. Gracias a este cálculo, se pueden detectar cambios en la señal de aceleración y, por lo tanto, en los ángulos de pie y hombro. Un parámetro importante es la longitud de la ventana del índice calculado. Para estos datos, una longitud de ventana de 1180 muestras arroja buenos resultados.

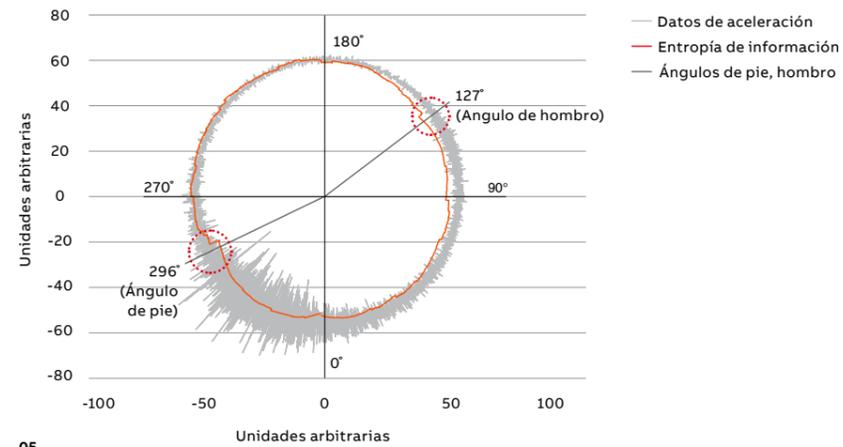
Con una red neuronal profunda adaptada basada en Tensorflow, los resultados de las mediciones de pruebas de campo también arrojaron una precisión relativamente alta: 82,9 %.

Matriz de confusión All

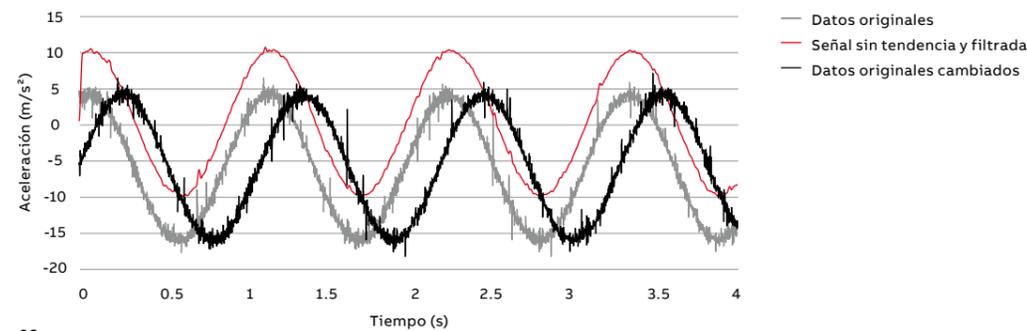
	1	2	3	4	5	6	7	
1	159 14.2%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.1%	0 0.0%	1 0.1%	1 0.1%	98.1% 1.9%
2	0 0.0%	159 14.2%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.1%	99.4% 0.6%
3	0 0.0%	0 0.0%	160 14.3%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
4	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	153 13.7%	0 0.0%	5 0.4%	1 0.1%	96.2% 3.8%
5	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	153 13.7%	1 0.1%	3 0.3%	97.5% 2.5%
6	1 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	6 0.5%	0 0.0%	153 13.7%	1 0.1%	95.0% 5.0%
7	0 0.0%	1 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	7 0.6%	0 0.0%	153 13.7%	95.0% 5.0%
	99.4% 0.6%	99.4% 0.6%	100% 0.0%	95.6% 4.4%	95.6% 4.4%	95.6% 4.4%	95.6% 4.4%	97.3% 2.7%
	1	2	3	4	5	6	7	

04

04 Matriz de confusión para la clasificación del espesor del revestimiento en siete clases (2, 5, 7, 10, 12, 15, 17 mm) a partir de las mediciones realizadas en el modelo a escala del molino.



05



06

Pruebas de campo

Para verificar los modelos matemáticos se realizaron pruebas de campo. El delicado equipo de sensores se protegió contra el duro y sucio entorno del molino mediante una robusta caja metálica. El equipo incluye una batería, un temporizador, varios accionadores de los sensores de aceleración, un convertidor analógico-digital y un dispositivo de adquisición de datos. Los propios sensores de aceleración se montaron con imanes directamente sobre el tambor del molino y sus cables se conectaron a la caja. La caja se montó en un molino totalmente operativo y se dejó recogiendo datos durante varias semanas.

La señal en bruto de la vibración es muy ruidosa debido a los numerosos impactos registrados mientras gira el molino, por lo que es necesario volver a procesar los datos en bruto.

Análisis de los datos con técnicas de aprendizaje automático

La señal en bruto de la vibración es muy ruidosa debido a los numerosos impactos registrados mientras gira el molino y es difícil distinguir entre los distintos estados del revestimiento. Por lo tanto, es necesario realizar un procesamiento previo de los datos en bruto. Solo con una base de datos normalizada se pueden aplicar algoritmos de aprendizaje automático. A través de muchas iteraciones, se encontró el mejor modelo de clasificación.

Procesamiento previo de los datos

Dado que los puntos de partida de las mediciones no son siempre los mismos, existen diferencias entre los conjuntos de datos. Pero para una correcta evaluación, se debe disponer de una base de datos uniforme. Por este motivo, se incluyó en la configuración un detector de fases. La señal original se filtró a través de un filtro pasabajos (frecuencia de corte de 2 Hz) y luego se aplicó un ajuste de curvas y se eliminaron las tendencias. Se pudo determinar la fase de los datos filtrados y sin tendencia. A continuación, se utilizó esta fase para desplazar los datos originales de forma que todos los conjuntos de datos tuvieran el mismo punto de partida →6.

05 Gráfico polar de los ángulos del pie y hombro resultantes de una vuelta en un molino de mineral real.

06 Procesamiento previo de los datos de aceleración. La señal desplazada se calcula mediante la señal original y la señal sin tendencia y filtrada.

07 Red neuronal para la clasificación del espesor del revestimiento.

Referencias

[1] ANSYS, Academic Research Mechanical, Release 18.1, ANSYS, Inc.

[2] M. Abadi et al., "TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Systems," libro blanco preliminar, Google, noviembre de 2015. Descarga disponible. [tensorflow.org/paper/whitepaper2015.pdf](https://arxiv.org/abs/1605.08670)

[3] S. Vajapeyam, "Understanding Shannon's Entropy metric for Information," arxiv.org, marzo de 2014. Disponible: arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1405/1405.2061.pdf

[4] MATLAB, Neural Network Toolbox 2016a, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, Estados Unidos.

Tras el desplazador de fases, los datos de las mediciones realizadas de 2 minutos se dividieron en fragmentos que representaban una revolución de tambor. Además, se volvieron a muestrear los fragmentos en 1 024 muestras. Este procesamiento previo de los datos en bruto garantizó una base de datos consistente para el algoritmo de aprendizaje automático.

Extracción de las características

Los algoritmos de aprendizaje automático intentan mapear un conjunto de características hasta los valores objetivo correctos. La elección correcta de estas características es, pues, muy importante. Se probaron diferentes características, por ejemplo, ondas pequeñas, entropía y análisis de Fourier. El mejor resultado se consiguió con una combinación de valores estadísticos, datos en bruto de la aceleración y la FFT (Transformada rápida de Fourier) de cada fragmento. Todas estas características se combinaron en una tabla con el valor objetivo correspondiente. Esta tabla se utiliza como matriz de entrada para la red neuronal.

Creación de una red neuronal para el reconocimiento de patrones

Para clasificar los datos, se probaron diferentes métodos de aprendizaje automático, como máquinas de soporte vectorial, árboles de decisión o redes neuronales. Los mejores resultados se lograron con las redes neuronales. Una red neuronal debe reconocer patrones en cada señal. Estos patrones ayudan a clasificar la señal en una clase objetivo. Se crearon clases para todas las mediciones obtenidas a partir de los diferentes ejercicios de pruebas de carga del molino y espesor del revestimiento.

Una vez definidas las clases, se construyeron las matrices de entrada y salida de la red neuronal. La matriz de entrada incluye la tabla de características descrita anteriormente y la matriz de salida define la clase de destino correcta para cada conjunto de características. A continuación, se creó una red neuronal [4] con tres capas ocultas

con 500 neuronas cada una y una capa de salida, para su clasificación →7.

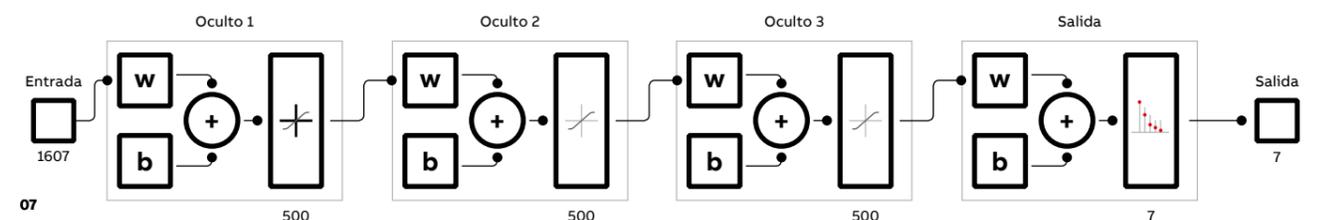
Del conjunto de datos, el 70 % se utilizó para entrenar a la red neuronal, el 15 % para validación y el 15 % para probar la red neuronal. El entrenamiento de la red consistía en una «retropropagación de gradientes conjugados escalados», en concreto, un método que actualiza los parámetros críticos del modelo (pesos y sesgos de las neuronas) a su paso de una forma iterativa. Por último, el ajuste fino de los hiperparámetros de la red (es decir, aquellos parámetros significativos que no se ajustaron en el modelo central) dio lugar a un ajuste óptimo de la red neuronal y permitió determinar con fiabilidad el estado del revestimiento.

Gracias a este sistema, los revestimientos podrán sustituirse en función de su estado, reduciendo así costes y tiempo de inactividad y ahorrando recursos.

Supervisión del revestimiento para aumentar la productividad y reducir los costes

La hipótesis de que la señal de aceleración cambia significativamente según el espesor del revestimiento se confirmó mediante simulaciones y mediciones en el modelo a escala y en un molino real.

El sistema de supervisión desarrollado por I3S y ABB muestra cómo pueden utilizarse sensores de aceleración y técnicas de aprendizaje automático para medir el estado y los parámetros de proceso de un molino durante el funcionamiento. Gracias a este sistema, los revestimientos podrán sustituirse en función de su estado, reduciendo así costes y tiempo de inactividad y ahorrando recursos. Este nuevo sistema de supervisión ayudará a los operarios de molinos a aumentar su productividad y a planificar el mantenimiento. •



07

Energía



El concepto «fail fast» o fallar rápido es el principio central de los innovadores tecnológicos de hoy en día, y sin embargo es inaceptable en industrias de misión crítica como la generación y distribución de energía. ABB cuenta con más de un siglo de experiencia en el suministro fiable de energía, y se basa en esta plataforma para innovar con nuevas tecnologías para hacer líneas eléctricas más robustas, combustibles ecológicos más usables y transformadores mejor protegidos.

- 54 El robusto SAI PowerLine DPA de ABB gestiona condiciones adversas
- 60 La pila de combustible, una central ecológica
- 68 TXpand™, la solución de transformador resistente a la rotura



ENERGÍA

El robusto SAI PowerLine DPA de ABB gestiona condiciones adversas



El SAI PowerLine DPA de ABB se fabricó para resistir las duras condiciones de muchos entornos industriales. Inovyn, el mayor productor de PVC de Europa, optó por PowerLine DPA por su capacidad para soportar los excesivos niveles de polvo, corrosión, humedad y calor de la fábrica de Inovyn.



Paolo Catapane
ABB Electrification,
Smart Power
Quartino, Suiza

paolo.catapane@
ch.abb.com

Para muchas industrias, las consecuencias de un corte eléctrico pueden ser desastrosas: se pierde un tiempo de producción valioso; puede ser necesario repetir la compleja y costosa puesta en marcha de las líneas de producción; el producto puede estropearse; los equipos pueden averiarse; y pueden surgir problemas de seguridad.

Además del corte total, la tensión puede sufrir subidas o bajadas breves. Las caídas de tensión y las sobretensiones pueden ser también de larga duración. No hay que olvidar el ruido eléctrico de la línea, las variaciones de frecuencia y los armónicos de la tensión. Estas anomalías causan pérdida de datos, pérdida de producción, falta de disponibilidad de servicios esenciales, riesgo para el hardware, pérdidas económicas y problemas de seguridad. Por estas razones, muchas empresas emplean sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI).

Sin embargo, los entornos industriales son lugares especialmente difíciles para ubicar dispositivos eléctricos y electrónicos, debido a las duras condiciones a las que pueden estar sometidos en términos de sustancias químicas, polvo, vibración, corrosión, humedad y calor.

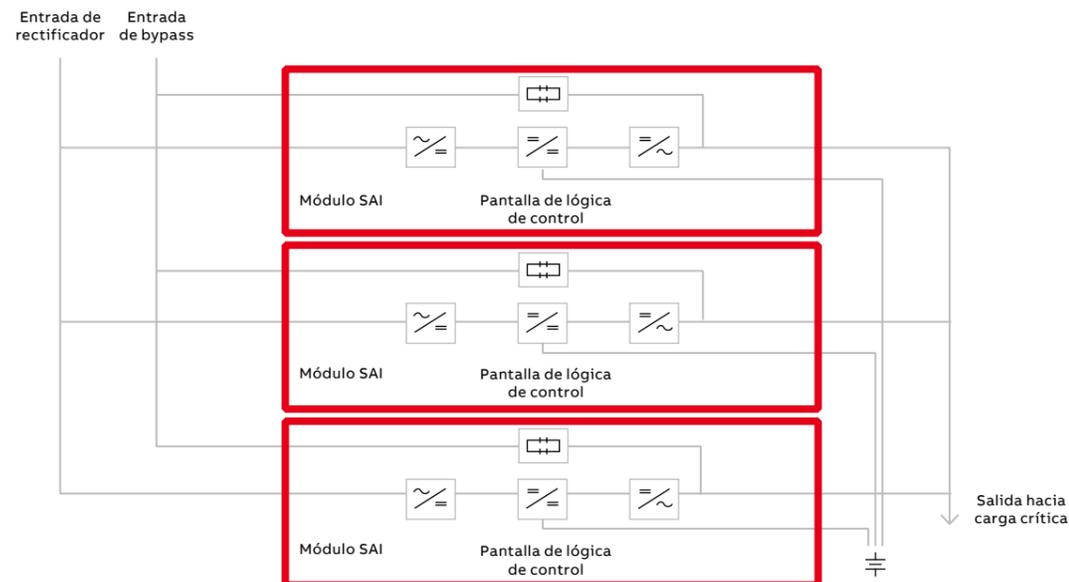
El SAI PowerLine DPA de ABB está diseñado específicamente para soportar este tipo de entornos adversos →1. PowerLine DPA se basa en la arquitectura paralela descentralizada (DPA) de ABB. DPA es una arquitectura modular que, por su propia naturaleza, maximiza tanto la disponibilidad como la facilidad de mantenimiento, escalabilidad y la flexibilidad. En conjunto, estas características presentan un bajo coste total de propiedad (TCO) a lo largo de los 15 años de vida útil del SAI PowerLine DPA.

Arquitectura paralela descentralizada

Los sistemas SAI de arquitectura paralela centralizada (CPA) tienen cierto grado de control centralizado, jerárquico o de hardware (por ejemplo, un bypass estático). Esto los hace vulnerables en caso de fallo en uno de los componentes centralizados: un fallo puede poner fuera de juego todo el SAI. Por el contrario, con DPA, el SAI está modularizado y cada módulo cuenta con todo el hardware y el software necesarios para funcionar: rectificador, inversor, convertidor de batería, interruptor de bypass estático, protección de realimentación, lógica de control, visualización y diagrama de supervisión y control → 2. La salida de un módulo no se ve afectada por los fallos de otra parte del SAI. Si se pierde un módulo, los otros asumen su carga. En otras palabras: un sistema multimódulo es tolerante a los fallos y carece de puntos únicos de fallo. Se maximiza la disponibilidad.

DPA es una arquitectura modular que maximiza tanto la disponibilidad como la facilidad de mantenimiento, la escalabilidad y la flexibilidad.

Los únicos elementos del SAI comunes a todos los módulos están en el bastidor mecánico que soporta los módulos del SAI: conexión de E/S, señalización de interfaz de usuario, bypass de mantenimiento y pantalla del sistema. Estos elementos no son críticos para el funcionamiento del SAI.



02

01 Inovyn, el mayor productor de PVC en Europa, optó por el SAI PowerLine DPA de ABB por su capacidad para afrontar fácilmente las duras condiciones de la fábrica belga de Inovyn.

02 Con DPA, cada módulo SAI tiene el hardware y el software necesarios para su funcionamiento autónomo; no se comparten elementos críticos.

03 Parte de la instalación del SAI PowerLine de Inovyn.

DPA: facilidad de mantenimiento

Una ventaja importante de DPA es que los módulos pueden intercambiarse en línea, es decir pueden eliminarse o introducirse, sin riesgo para la carga crítica y sin tener que cortar la alimentación ni pasar a una red eléctrica no acondicionada. Este aspecto único de la modularidad responde directamente al requisito de actividad ininterrumpida, reduce sustancialmente el tiempo medio hasta la reparación (MTTR), reduce las existencias de repuestos especiales y simplifica las mejoras del sistema.

DPA: escalabilidad

La naturaleza modular de DPA permite añadir módulos a medida que aumentan las necesidades de alimentación del SAI, por ejemplo, si se abre una nueva línea de proceso. Este enfoque significa que no es preciso sobredimensionar la potencia nominal inicial en previsión de ampliaciones futuras: basta añadir módulos cuando sean necesario.

PowerLine DPA

ABB comercializa ya productos de protección del suministro eléctrico basados en DPA, y el SAI PowerLine DPA de 20-120 kVA de ABB es una reciente incorporación a esta gama →3. El SAI PowerLine DPA está específicamente diseñado para superar los problemas ambientales que surgen al instalar estos equipos eléctricos sofisticados en contextos industriales exigentes.

La capacidad de supervivencia es crucial, por lo que se ha prestado especial atención a la resistencia física. La protección IP42 de PowerLine admite el polvo, la condensación de agua, la humedad excesiva (hasta un 95 %), la contaminación corrosiva del aire y el trato descuidado. El SAI está diseñado para funcionar en un intervalo de temperaturas de entre -5 y +45 °C. Se ha primado la seguridad, y el sistema PowerLine DPA ofrece un alto grado de protección para usuarios y personal de mantenimiento. Se ha verificado el cumplimiento de las normas relevantes: IEC/EN 62040-1 para aspectos generales y de seguridad, IEC/EN 62040-2 para EMC e IEC/EN 62040-3 para rendimiento y pruebas.

El espacio reservado para equipos eléctricos suele ser limitado o costoso. El SAI PowerLine DPA, ocupa poco espacio y tiene el acceso de cables por delante (por arriba y abajo), lo que ahorra la necesidad de acceder por detrás y el espacio correspondiente. Además, debido a que los módulos eléctricos están apilados verticalmente, no se necesita más espacio en el suelo al incorporar módulos de expansión.

PowerLine DPA es un SAI de doble conversión en línea: la CA de entrada se convierte primero a CC, y a partir de ésta se sintetiza la CA de salida, que es



03

una sinusoide limpia. Estos dos pasos constituyen el término «doble conversión» y aíslan la forma de onda de la tensión de salida de las perturbaciones del lado de la CA de la entrada.

El SAI PowerLine DPA está diseñado específicamente para superar los numerosos retos medioambientales que plantean los entornos industriales adversos.

El dispositivo tiene una capacidad elevada de sobrecarga y una sólida capacidad de cortocircuito. En algunas aplicaciones industriales, la entrada de CA al SAI procede de apartamento o de centros de control de motores y a menudo comparte conexiones de bus con cargas eléctricas ruidosas como accionamientos de velocidad variable. Por lo tanto, a veces se instala un transformador de aislamiento de entrada para proteger la entrada del SAI contra los efectos del ruido eléctrico. Con potencias nominales de 20 a 120 kVA y un factor de potencia de entrada de 0,99, el SAI no requiere costosas consideraciones de instalación eléctrica, y es fácil de mantener.

Los soportes de instalación que promueven la fácil instalación, amortiguadores de vibraciones, protección de armarios IP42, cables sin halógenos

y capacidad de arranque sin energía externa son algunas de las demás características de PowerLine DPA diseñadas especialmente para situaciones industriales exigentes.

Supervisión a distancia

En caso de fallo eléctrico, es importante que todo el personal relevante sea informado de forma rápida y completa acerca del estado del sistema. Por eso el SAI PowerLine DPA puede suministrarse con paneles repetidores y una tarjeta de gestión de red que permite la conexión al DCS (sistema de control distribuido) o SCADA (control de supervisión y adquisición de datos) por medio de SNMP, Modbus TCP o Modbus RS 485. Estas interfaces permiten vigilancia ambiental, manejo y envío completos de alarmas, supervisión de SAI redundante, integración de PowerLine DPA en entornos multiplataforma y multiproveedor y entrega de datos del SAI a aplicaciones web.

PowerLine DPA en Inovyn

La central de Inovyn en Jemeppe-sur-Sambre produce 475 000 toneladas de PVC al año, el equivalente a 50 semirremolques al día (el PVC de todas las tarjetas de crédito europeas viene de aquí) →1, 4-6. Alrededor de 500 personas trabajan por turnos durante todo el día para mantener la posición de la empresa como el mayor productor de PVC de Europa. Dado que su planta presenta un entorno difícil (niveles excesivos de polvo, corrosión, humedad, calor, etc.), Inovyn optó por DPA PowerLine para sus necesidades de protección del suministro eléctrico.

Dado que su planta presenta un entorno difícil, Inovyn optó por PowerLine DPA para sus necesidades de protección del suministro eléctrico.

Un nivel tan elevado de producción de PVC requiere un sistema de precisión. «Nuestra fábrica tiene muchas operaciones DCS de E/S», explica Pierre Henveaux, ingeniero eléctrico y jefe del sector de AT y BT. «El DCS -sistema de control de datos- es un ordenador que controla la planta: pone en marcha los motores, abre y cierra las válvulas, etc. En resumen, controla todos los equipos. Jemeppe tiene el mayor número de operaciones de E/S de todas nuestras fábricas en Europa. Simplemente no es una opción que el sistema se caiga y no sepamos qué está pasando.»

El PVC se produce por lotes y el DCS debe ser lo más eficiente posible, especialmente porque el número de operaciones de E/S solo aumentará a medida que avance la tecnología. «Nuestros estándares son muy altos. Uno de nuestros principales

requisitos es tener un suministro ininterrumpido de electricidad. Si perdemos el control durante dos milisegundos, perdemos todo: los datos no llegan y el sistema entra en modo seguro. Si perdemos un DCS durante más de 40 milisegundos, es una catástrofe». Inovyn tiene su propio sistema de generación de electricidad, que produce la octava parte de la energía de un reactor nuclear medio, pero incluso él no es inmune a los microcortes.

Alianza ABB-Inovyn

Inovyn y ABB colaboran desde 2000 y han desarrollado una buena relación. Antes, se desarrollaron sistemas SAI principalmente para centros de datos, pero la aplicación de Inovyn necesitaba algo mucho más robusto y fue este requisito lo que llevó a los equipos de ABB a crear el SAI PowerLine DPA.

Inovyn ha instalado dos unidades PowerLine DPA →6. Además de la calidad del equipo, Inovyn descubrió que el sistema era muy robusto, ya que cada módulo está encapsulado en una sólida carcasa protegida por potentes filtros. Esta sólida construcción proporciona un SAI que durará entre 10 y 15 años, considerablemente más que el equivalente de cualquier competidor.

Inovyn está utilizando actualmente un DCS de generación anterior, pero tiene previsto pasar a un sistema más eficiente en los próximos años. El SAI PowerLine DPA permitirá una expansión sencilla cuando llegue el momento. La empresa también instalará dos nuevos sistemas SAI en su nueva línea de producción, que está previsto que se ponga en marcha durante 2019.3



04



05



06

04 Parte del equipo de proceso en la planta de Inovyn.

05 Materia prima para la fabricación de PVC en la planta de Inovyn.

06 Equipo de polimerización en la planta de Inovyn en Jemeppe-sur-Sambre, Bélgica.

Un SAI para el futuro

La garantía de un suministro continuo de energía limpia se ha convertido en un requisito previo para el éxito de muchas empresas. El SAI PowerLine DPA, diseñado para soportar los rigores de los entornos industriales, puede ofrecer esta garantía. La arquitectura modular DPA simplifica el mantenimiento y la ampliación, y dado que su capacidad de efectuar cambios en línea permite no apagar nunca el sistema, se consigue una disponibilidad de primera clase.

El SAI PowerLine DPA facilitará la expansión cuando Inovyn actualice su DCS en los próximos años.

Con un rendimiento de hasta el 96 % y un factor de potencia de uno, el SAI PowerLine DPA ofrece una mejor eficiencia y optimización de la inversión, facilidad de uso y mayor seguridad en muchos entornos industriales adversos. Como Inovyn está comprobando, estas características, combinadas con la facilidad de servicio, hacen que PowerLine DPA tenga un TCO muy bajo a lo largo de su vida útil. •

ENERGÍA

La pila de combustible, una central ecológica

Las pilas de combustible generan electricidad combinando hidrógeno y oxígeno. Los únicos subproductos de esta reacción son agua y calor →1. Es difícil imaginar una fuente de energía más ecológica. ¿Cómo pueden utilizarse las pilas de combustible para ayudar al mundo en su búsqueda de la neutralidad de carbono y qué retos nos esperan?

01



Foto: iuchischen, istockphoto.com

—
01 Con solo combinar hidrógeno y oxígeno para producir energía eléctrica, las pilas de combustible constituyen una forma extremadamente ecológica de generar energía. Incluso los subproductos de la reacción de la pila de combustible (agua y calor) pueden ser beneficiosos.

El aumento de la urbanización está incrementando la demanda mundial de energía [1], una demanda que a menudo se satisface con combustibles fósiles como petróleo, gas y carbón →2. En los países en desarrollo, por ejemplo, a pesar del uso creciente de fuentes de energía renovables, alrededor del 70 % sigue abasteciéndose de combustibles fósiles no renovables.

Las fuentes de combustibles fósiles son limitadas y su extracción es cada vez más difícil y cara. Y no solo eso, sino que su uso aumenta los niveles de gases de efecto invernadero (GEI), el agotamiento de la capa de ozono, los daños por lluvia ácida, la contaminación atmosférica y el cambio climático. Además, la propia cadena de suministro de los combustibles fósiles puede tener también efectos adversos, como la contaminación del aire y el agua y otros peligros que pueden derivarse de la extracción, el transporte y el procesamiento de combustibles.



Mahesh Vaze
ABB Corporate Research
Bangalore, India

mahesh.vaze@in.abb.com

—
La pila de combustible solo necesita un paso para oxidar su combustible de hidrógeno en energía eléctrica.

Una forma de generar energía sin emisiones de CO₂, SO_x, NO_x o partículas es utilizar una pila de combustible.

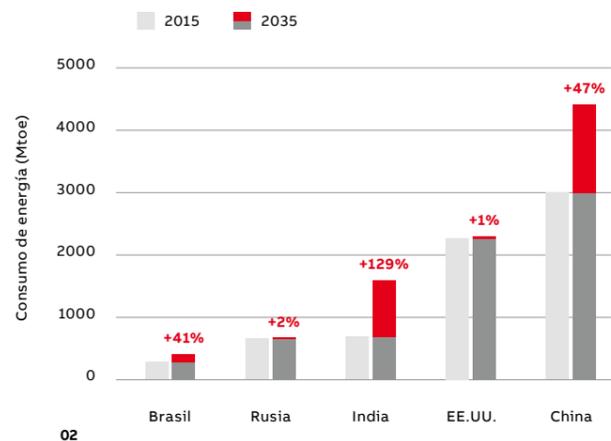


Mikko Kajava
ABB Marine & Ports
Helsinki, Finlandia

mikko.kajava@fi.abb.com

La pila de combustible

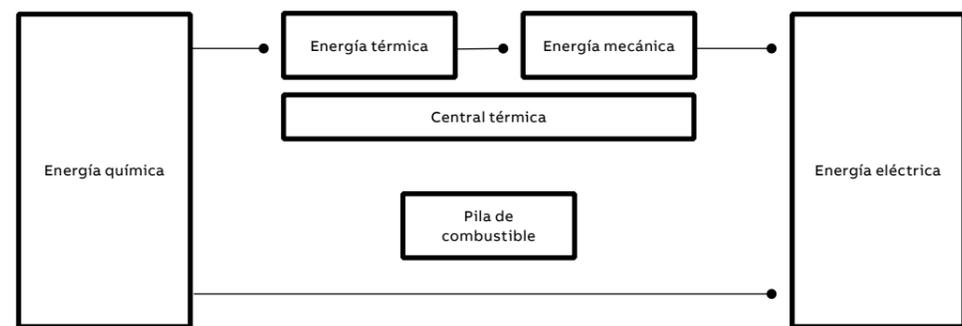
Una pila de combustible es un reactor de flujo que convierte directamente la energía química de un combustible en energía eléctrica a través de reacciones electroquímicas. Mientras que un motor de combustión sigue un proceso de varios pasos (desde el químico hasta el térmico, pasando por el mecánico y el eléctrico) para convertir la energía química de un combustible en electricidad, la pila de combustible solo necesita un paso para oxidar su combustible hidrógeno y convertirlo en energía eléctrica →3. Los productos de esta conversión son electricidad, agua



y calor. El agua y el calor se eliminan para mejorar el funcionamiento de la pila de combustible. El oxígeno puede obtenerse del aire ambiente y, si se utiliza hidrógeno procedente de fuentes sostenibles, no se producen gases de efecto invernadero. No se emiten contaminantes y, por lo tanto, no existe riesgo de incumplimiento de las normativas medioambientales y de salud pública.

Las pilas de combustible se inventaron en 1839 por Sir William Robert Grove, un físico galés, y posteriormente la NASA las utilizó para el suministro de agua potable y electricidad en los vehículos espaciales. Si bien los primeros accidentes con hidrógeno (como el desastre de Hindenburg) dificultaron el desarrollo de la pila de combustible durante algún tiempo, los recientes avances técnicos han dado lugar a una tecnología de pila de combustible fiable, segura y ampliamente aceptada por los sectores público y privado. Hay muchos tipos de pilas de combustible →4.

Debido a la modularidad inherente de la pila de combustible, se le vaticina un brillante futuro en aplicaciones estacionarias, portátiles y de transporte →5.



Aplicaciones estacionarias de las pilas de combustible

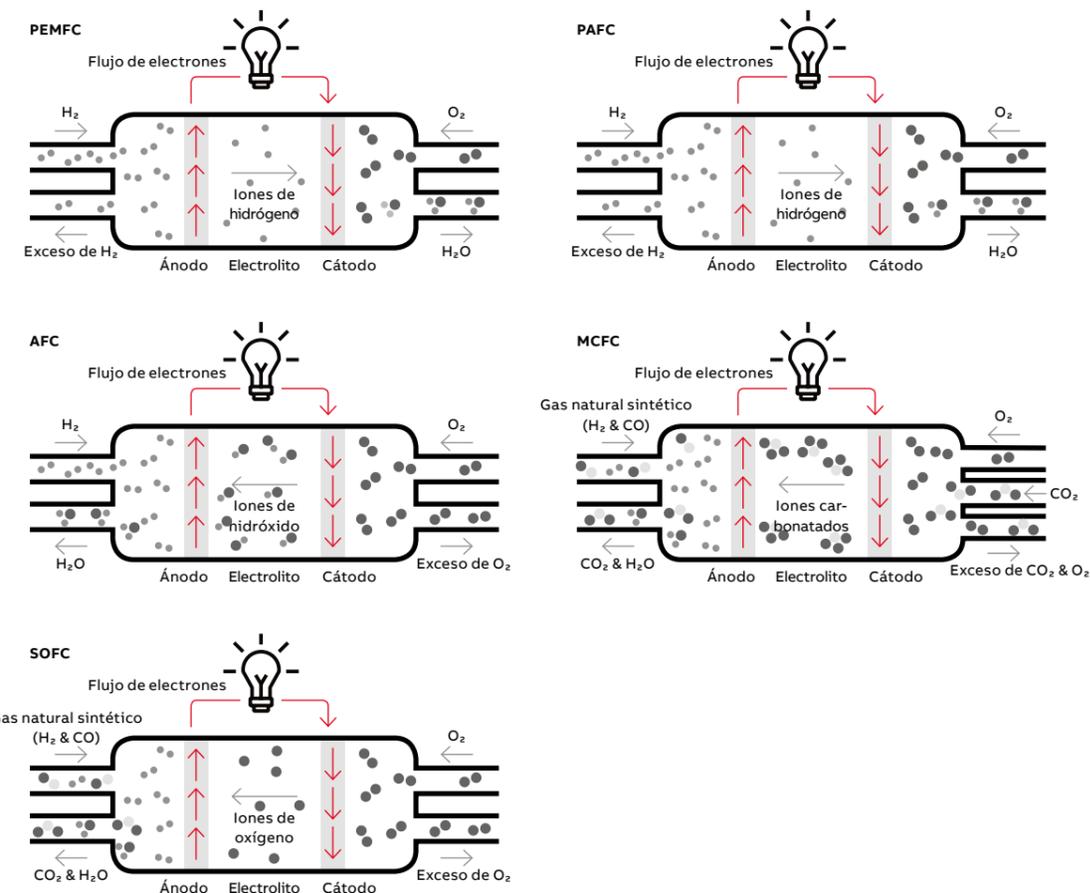
Las plantas de pilas de combustible estacionarias proporcionan una energía distribuida limpia, eficiente y fiable. La continua reducción del coste de las pilas de combustible y la mejora de su eficiencia constituyen un binomio favorable para el ahorro y la sostenibilidad, como confirma el aumento de estas plantas en los últimos años →6.

Actualmente, el parque de pilas de combustible más grande del mundo, construido por FuelCell Energy Inc. en 2014, cuenta con 59 MW y da soporte a la ciudad de Hwasung, Corea del Sur [3]. Esta planta funciona con hidrógeno obtenido del suministro de gas natural al sistema local de calefacción urbana.

Otra implementación con éxito de la pila de combustible es un sistema de 300 kW en Fenchurch Street, Londres [4]. El reto aquí era la integración del sistema de pila de combustible en un edificio establecido con espacio limitado. Así, la pila de combustible se integró en la configuración de refrigeración, calefacción y electricidad del edificio. Con esta instalación se consigue una reducción de emisiones de 18 000 Kg de contaminantes y 1800 toneladas de CO2 en comparación con un sistema equivalente de generación de energía basado en combustión convencional.

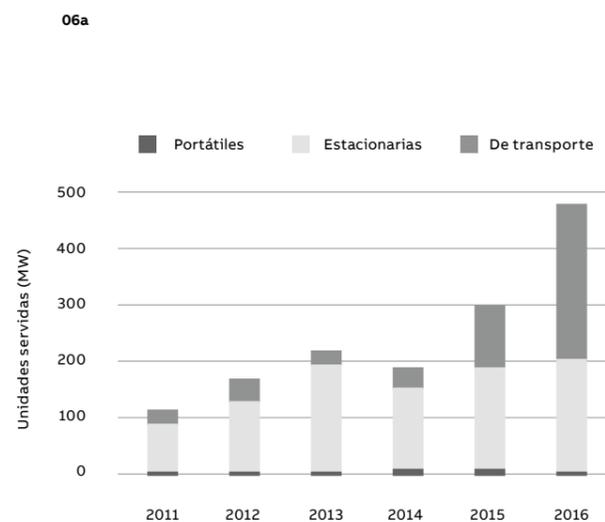
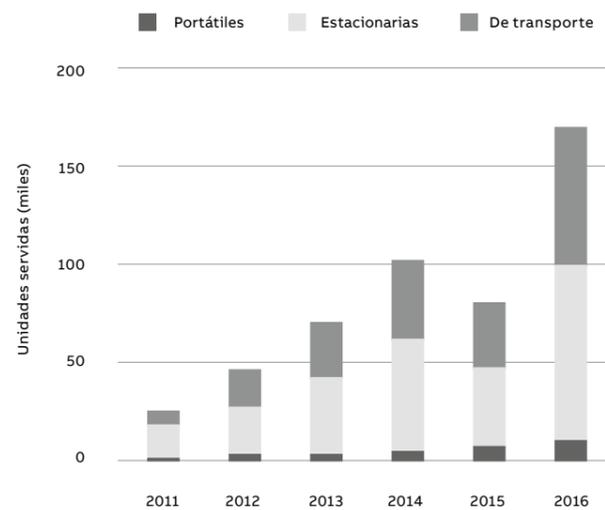
Debido a la modularidad inherente de la pila de combustible, se le vaticina un brillante futuro en aplicaciones estacionarias, portátiles y de transporte.

- 02 Consumo total de energía primaria en millones de toneladas equivalentes de petróleo [1].
- 03 Proceso de producción de energía en una pila de combustible.
- 04 Tipos de pila de combustible.
- 05 Aplicaciones de pilas de combustible.



	PEMFC/PEFC Pila de combustible de membrana de intercambio de protones o de electrolito polimérico	PAFC Pila de combustible de ácido fosfórico	AFC Pila de combustible alcalina	MCFC Pila de combustible de carbonato fundido	SOFC Pila de combustible de óxido sólido
Aplicaciones	Energía estacionaria, calor y electricidad combinadas, transporte	Generación de energía estacionaria y cogeneración (principalmente en hospitales debido a la temperatura de salida del agua utilizada para el proceso de esterilización)	Espacio y ambiente submarino, menos la utilizada en automóviles, agua potable	Generación de energía estacionaria, centrales híbridas con turbina de gas y combinadas de calor y electricidad, industrial y militar	Energía estacionaria, potencia auxiliar en vehículos, calor y electricidad combinados
Combustible	H ₂ /reformado	H ₂ /reformado	H ₂ /reformado	H ₂ /CO/reformado	H ₂ /reformado
Oxidante	O ₂ /aire	O ₂ /aire	O ₂ /aire	CO ₂ /O ₂ /aire	O ₂ /aire
Coste	Costoso	Caro	Alto	Bajo	Bajo
Eficiencia (%)	50-60	40-55	50-60	55-65	55-65
Densidad de potencia (kW/m³)	3,8-6,5	0,8-1,9	1	1,5-2,6	0,1-1,5
Rango de potencia (kW)	1-250	50-200	1-100	1000-2000	1-900
Temperatura de funcionamiento (°C)	60-200	175-200	65-200	600-650	650-1000
Riesgo	Sensibilidad del catalizador de platino a la intoxicación por CO: se necesita un reactor adicional para reducir el CO en el gas combustible si el hidrógeno procede de combustible de hidrocarburo/alcohol	Corrosión a causa de ácidos, intoxicación por CO y compuestos ricos en azufre	El electrolito alcalino reacciona con el CO ₂ presente en O ₂ /H ₂ impuro: produce intoxicación por CO ₂ y afecta a la vida útil de la pila	Las altas temperaturas de funcionamiento y el electrolito corrosivo aceleran la avería de los componentes, la corrosión y, por lo tanto, disminuyen la vida útil de la pila	Las altas temperaturas de funcionamiento reducen la vida útil de la pila

Las pilas de combustible están ahora ampliamente aceptadas como una fuente de energía alternativa en las regiones rurales donde el suministro energético no es fiable o no existe. Por ejemplo, el Poelano High School de Goedgevonden, Ventersdorp, una región rural de Sudáfrica, ha implantado con éxito la tecnología de pilas de combustible de hidrógeno para suministrar 2,5 kW para cubrir las necesidades de información, comunicación y tecnología (TIC) e iluminación del instituto. La solución es fiable, eficiente, segura y silenciosa. Estas configuraciones de pilas de combustible en miniredes pueden aliviar o expandir las redes nacionales y proporcionar beneficios sociales, políticos y económicos en regiones remotas o con problemas de abastecimiento en todo el mundo.



Aplicaciones portátiles de las pilas de combustible

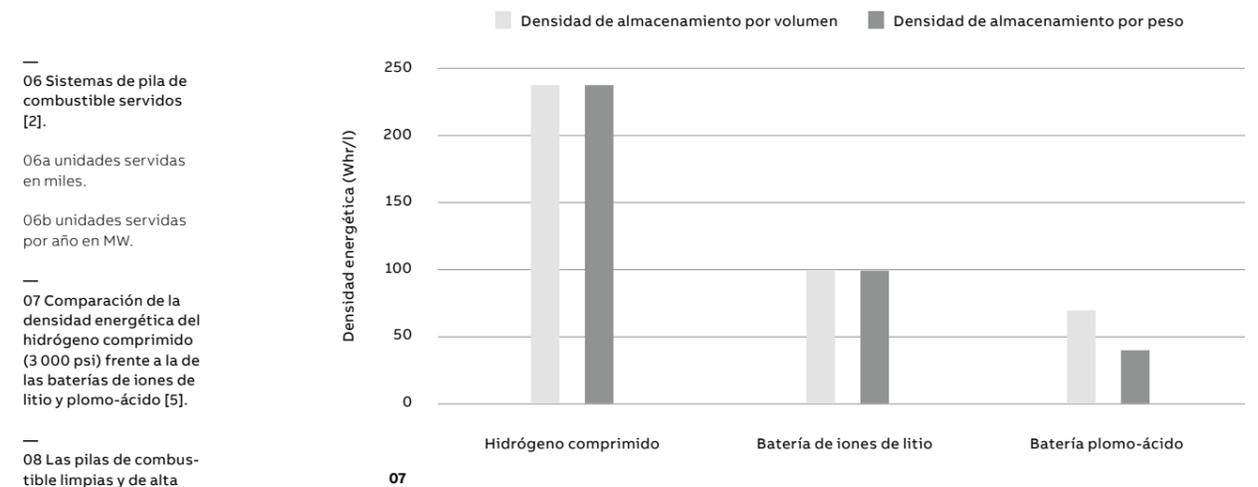
Las pilas de combustible portátiles (PFC) suelen ser buenas sustitutas de las tradicionales baterías de iones de litio y de plomo-ácido gracias a su mayor densidad energética →7. Además, las PFC presentan ventajas tales como el funcionamiento fuera de la red, tiempos de ejecución más largos, recarga rápida, menor peso, comodidad, fiabilidad y bajos costes de explotación. Por lo tanto, las PFC se utilizan para aplicaciones militares, unidades de potencia auxiliar y productos portátiles como linternas y electrónica. Las PFC pueden suministrar energía en un rango de 5 W a 500 kW.

Por ejemplo, los vehículos aéreos no tripulados utilizan pilas de combustible portátiles para su sistema de propulsión primaria debido a la eficacia y fiabilidad de las pilas de combustible, su vida útil más larga y su pequeña firma térmica, acústica y de vibración. Un ejemplo es el Ion Tiger, un vehículo aéreo no tripulado propulsado por hidrógeno líquido desarrollado por el Laboratorio de Investigación Naval de los Estados Unidos, que pesa solo 17 kg cuando está equipado con 550 W de pila de combustible. El Ion Tiger puede permanecer en vuelo más de un día seguido, más de seis veces el tiempo de vuelo de un equivalente con batería. El uso de hidrógeno líquido criogénico duplica la duración de este vuelo.

Aplicaciones de transporte de las pilas de combustible

Para combatir la toxicidad del aire y la disminución de las reservas de combustibles fósiles, muchos países están desplegando infraestructuras de abastecimiento de hidrógeno para dar servicio a los vehículos de pila de combustible →8. Las autoridades municipales también están reaccionando. Por ejemplo, el Ayuntamiento de Aberdeen ha introducido la mayor flota europea de autobuses de pila de combustible de hidrógeno [6]. El primer año, la flota tuvo más de 1600 eventos de repostaje. El repostaje solo tarda entre 5 y 7 minutos. La fiabilidad y disponibilidad de la estación de abastecimiento de hidrógeno fueron extremas (99,99 %) y suministró 35 000 kg de hidrógeno. Los planificadores urbanos están planteándose ahora ampliar la flota, sobre todo porque este exitoso ejercicio les hizo merecedores del premio del Low Carbon Championship de 2016 a la iniciativa de transporte del año. En otras ciudades del mundo se han implantado con éxito autobuses de pilas de combustible similares.

Foto fig. 08: AdrianHancu, istockphoto.com



06 Sistemas de pila de combustible servidos [2].

06a unidades servidas en miles.

06b unidades servidas por año en MW.

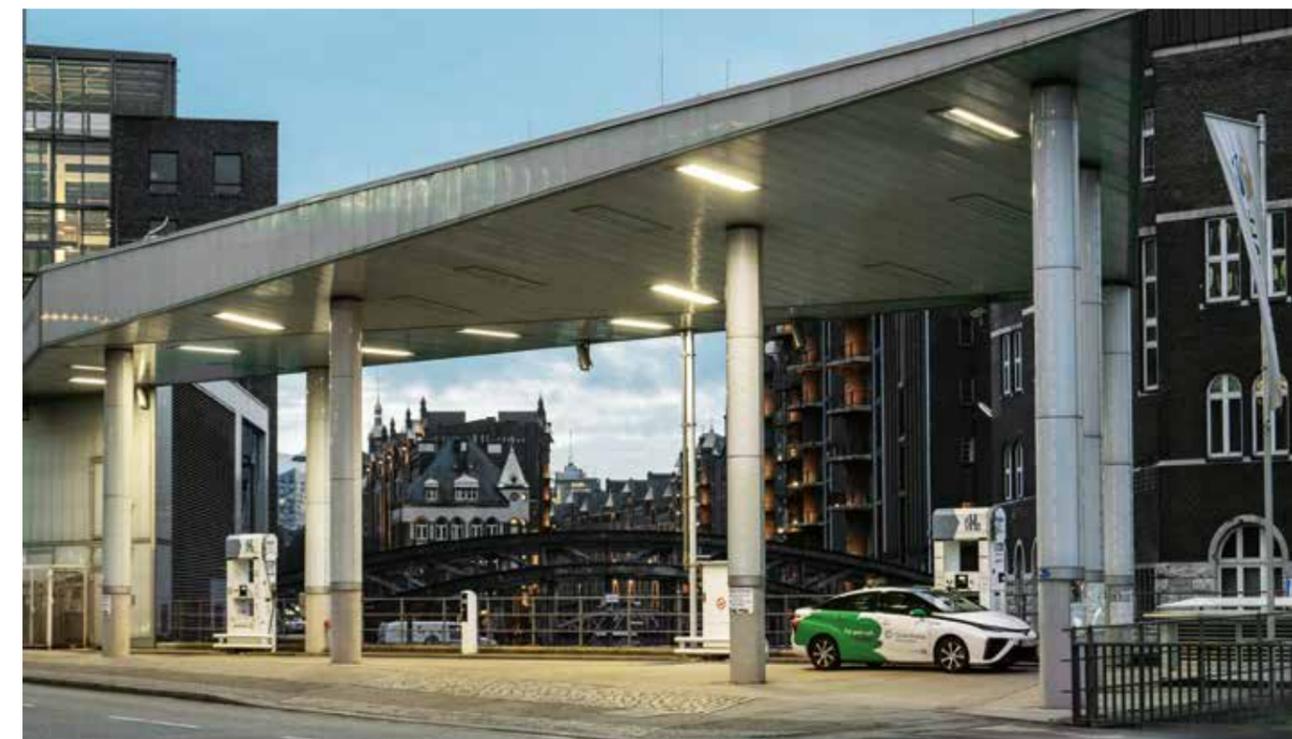
07 Comparación de la densidad energética del hidrógeno comprimido (3 000 psi) frente a la de las baterías de iones de litio y plomo-ácido [5].

08 Las pilas de combustible limpias y de alta densidad energética son la solución ideal para impulsar el transporte en áreas urbanas.

Muchos países están desplegando infraestructuras de abastecimiento de hidrógeno para dar servicio a los vehículos de pila de combustible.

Los operadores marítimos, que representan entre el 3 y el 5 % del CO₂ mundial y más del 5 % de las emisiones globales de SO_x, también utilizan pilas de combustible y, por lo tanto, han llevado a cabo una serie de proyectos de investigación en este ámbito →9. ABB también tiene actividades de pila de combustible relacionadas con la industria marítima: el proyecto MARANDA [7], de hecho, es

una empresa conjunta formada por varias empresas financiada por la Unión Europea. El proyecto diseñará e implantará una unidad de pilas de combustible de membrana de intercambio de protones de 165 kW para su instalación a bordo del buque de investigación Aranda. El objetivo principal del proyecto de investigación es verificar la capacidad de la pila de combustible para producir energía eléctrica sin emisiones y con bajos niveles de ruido y vibraciones en el medio marino. ABB suministrará la tecnología de conversión eléctrica necesaria para conectar el sistema de pila de combustible a la planta eléctrica del buque. ABB y Ballard, en colaboración con Royal Caribbean Cruises, realizaron otro proyecto piloto de pila de combustible (100 kW de capacidad) [8].



08



09 El Energy Observer es el primer buque de hidrógeno del mundo. Este antiguo barco de regatas no emite gases de efecto invernadero ni partículas finas y produce hidrógeno a bordo sin carbono procedente del agua del mar.

ABB suministrará la tecnología de conversión eléctrica necesaria para conectar el sistema de pila de combustible a la planta eléctrica del buque de investigación Aranda.

Desafíos de las pilas de combustible e hidrógeno

Si bien el hidrógeno se dispersa muy rápidamente en el aire, cayendo rápidamente por debajo del nivel de inflamabilidad; no tiene mucha «capacidad explosiva» por volumen en comparación con otros combustibles comunes; y su rapidísimo ritmo de combustión hace que la exposición al calor o a las llamas sea extremadamente breve, por lo que se debe tener cuidado al manipularlo. De hecho, actualmente existen varias normas que rigen la instalación de pilas de combustible.

Sin embargo, el panorama de la pila de combustible plantea retos en otros ámbitos:

- Producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno seguros y eficaces.
- Coste, principalmente debido a catalizadores caros. Actualmente, el coste constituye el principal obstáculo de las pilas de combustible.

Foto: Gaël Musquet, Wikimedia Commons

- Los stacks de pilas de combustible, construidos para generar más tensión y potencia, deben optimizarse en términos de producción, eficiencia, coste y tamaño. Sin embargo, la degradación del rendimiento a lo largo de la vida útil, un parámetro clave del rendimiento, no se conoce totalmente (se considera que las causas de la degradación son la pérdida cinética, la pérdida óhmica, la pérdida por transporte de masa y la pérdida por reformado). Además, deben explorarse y modelizarse con precisión los efectos de la congelación, la descongelación y las impurezas de los stacks, así como la mitigación de los peligros de inundación o ausencia de agua en los stacks de pilas. La dinámica de fluidos computacional multifísica (MCFD) y las técnicas de modelos de orden reducido (ROM) pueden aprovecharse para modelizar la electroquímica de la pila de combustible, la transferencia de

calor y la mecánica de fluidos para establecer curvas de las características operativas y de control e investigar el ajuste fino y la optimización. Estas curvas de características operativas son útiles para diseñar los sistemas de control y protección y la electrónica de potencia necesarios para integrar las pilas de combustible en la red principal.

A pesar de las dificultades que persisten, la tecnología de pila de combustible ha tenido una amplia aceptación entre el público y las empresas. Como central eléctrica ecológica, la pila de combustible no tiene rival: ¿qué otra fuente de energía puede proporcionar no solo una fuente de energía eléctrica limpia, sino también calor para el hogar o el lugar de trabajo y agua pura que puede procesarse para su consumo? •

Referencias

- [1] Economic Times Bureau, "India's energy consumption to grow faster than major economies," Jan 27, 2017. Available: economictimes.indiatimes.com/industry/energy/oil-gas/indias-energy-consumption-to-grow-faster-than-major-economies/articleshow/56800587.cms?from=mdr
- [2] The Fuel Cell and Hydrogen Annual Review, 2016, 4th Energy Wave, 2016.
- [3] T. Overton, "World's Largest Fuel Cell Plant Opens in South Korea," Power Magazine, February 25, 2014.
- [4] Logan Energy, "A case study on 300 kW Fuel Cell System installed at 20 Fenchurch Street." Available: www.loganenergy.com/wp-content/uploads/2015/11/150818-20-Fenchurch-Street-GW.pdf
- [5] B. Cook, "An introduction to fuel cells and hydrogen technology," Heliocentris, Canada, 2001.
- [6] Ballard, "A case study on Fuel Cell Zero-Emission Buses for Aberdeen, Scotland." Available: ballard.com/docs/default-source/motive-modules-documents/aberdeen-case-study.pdf?sfvrsn=2
- [7] M. Kajava, "MARANDA - Aranda goes hybrid." Available: search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107045A7585&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch
- [8] J. Bogen, "Catching fuel cell fever." Available: new.abb.com/marine/generations/generations-2017/business-articles/catching-fuel-cell-fever

ENERGÍA

TXpand™, la solución de transformador resistente a la rotura

La formación de arcos internos en transformadores en baño de aceite puede tener consecuencias catastróficas. Diseñada utilizando una metodología numérica, la solución TXpand de ABB, que incluye un diseño optimizado del depósito y una selección de componentes más seguros, puede mitigar los efectos de la mayoría de los eventos de formación de arcos internos.



01 Pese a las medidas de diseño orientadas a evitar la formación de arcos internos en los transformadores, siempre hay un riesgo residual de que se produzcan y de que se rompa el depósito. ABB ha desarrollado y optimizado su solución de transformador resistente TXpand específicamente para el sector eléctrico con vistas a mitigar las consecuencias de la formación de arcos internos.

02 Características de TXpand.



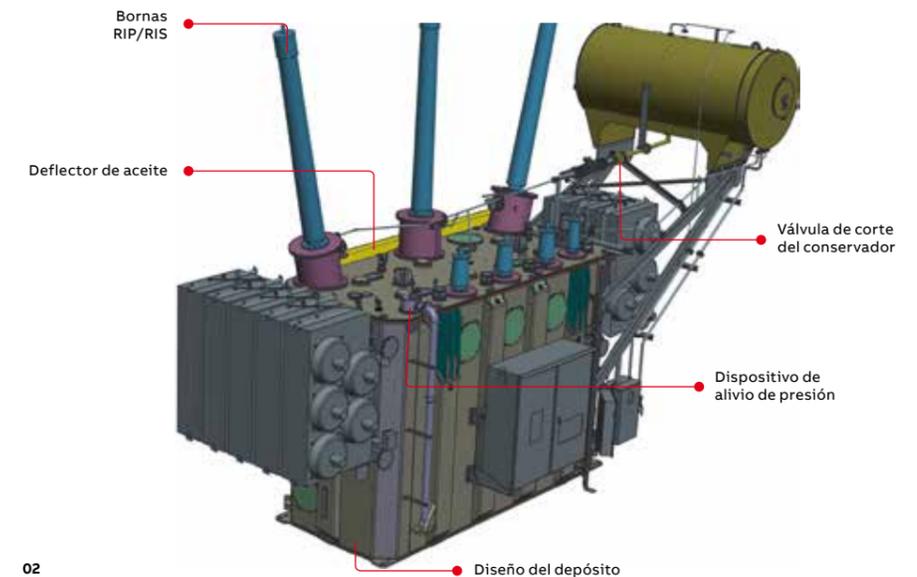
Samuel S. Brodeur
ABB Inc.
Varenes, Canadá

samuel.s.brodeur@ca.abb.com



Huan M. Dinh
ABB Inc.
Lexington, KY,
Estados Unidos

huan.m.dinh@us.abb.com



Los transformadores en baño de aceite son componentes críticos de la red eléctrica que funcionan continuamente en condiciones adversas. Aunque baja (en torno al 1 % por año de servicio del transformador [1]), la tasa de fallos importantes de estos transformadores no puede despreciarse, especialmente porque las consecuencias de estos fallos (derrames importantes de aceite, incendios y daños colaterales) pueden ser catastróficas.

Un arco interno de baja impedancia en equipos eléctricos en baño de aceite calienta y vaporiza el aceite circundante para crear una burbuja de gas. Este efecto no es el mismo que el de una explosión química, que requiere una mezcla explosiva de combustible y oxidante. Por este motivo, los sistemas de prevención de explosiones, como los discos de rotura normalmente utilizados en aplicaciones petroquímicas, rara vez se utilizan en los transformadores.

ABB ha desarrollado y optimizado la solución TXpand específicamente para mitigar los efectos de la formación de arcos internos en los transformadores →1.

TXpand

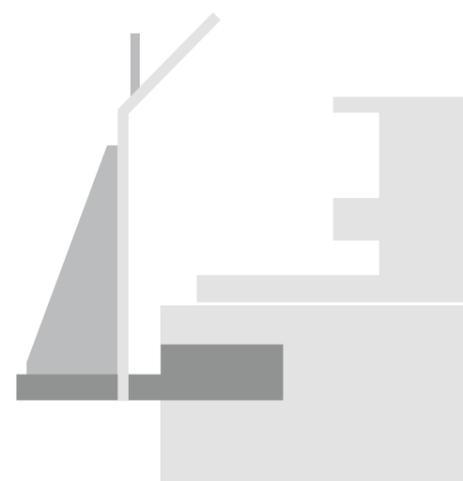
Una estrategia para reducir el riesgo de incendios debe contemplar varias medidas de protección eléctrica, siendo la más importante de ellas la inclusión de un interruptor automático de acción rápida para limitar la duración del fallo y, por lo tanto, la cantidad de energía que se inyecta en la

zona del fallo. La mitigación también debe incluir un diseño de transformador que complemente las contramedidas eléctricas. TXpand incluye cinco de estas medidas →2.

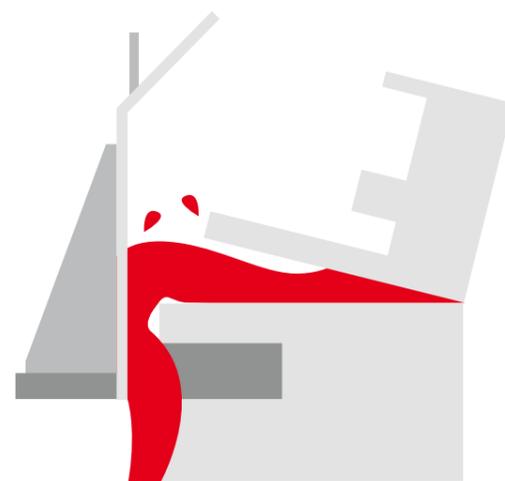
Diseño del depósito

Un estudio de Hydro-Québec sobre su red de 735 kV reveló que en 50 de 74 fallos importantes, la rotura del depósito era la causa principal de los vertidos de aceite y, por tanto, del riesgo de incendio [2]. Este tipo de peligro puede gestionarse mediante el diseño del depósito resistente a la rotura aquí propuesto. La filosofía es contener una energía de arco específica absorbiendo la energía del fallo mediante la deformación plástica del depósito. El correspondiente diseño del depósito es el núcleo de la solución TXpand. TXpand se ha desarrollado mediante un cuidadoso análisis y modelización para hacer más flexibles las áreas más rígidas y más fuertes los puntos más débiles. Los puntos estratégicos de rotura permiten controlar hasta los fallos más impredecibles.

La filosofía es contener una energía de arco específica absorbiendo la energía del fallo mediante la deformación plástica del depósito.



03a



03b

Bornas RIP/RIS

Los fallos de las bornas de papel impregnado en aceite (OIP) provocan el mayor número de incendios después de los fallos internos del transformador [1]. El estudio de Hydro-Québec mencionado anteriormente mostró que estos fallos de bornas eran la segunda causa principal de los vertidos de aceite (18 casos de los 74 fallos) [2]. El uso de bornas de papel impregnado en resina (RIP) o sintético impregnado en resina (RIS) puede mitigar el riesgo de vertidos graves de aceite, incendios y roturas del revestimiento porcelánico durante la formación de arcos internos.

Válvula de corte del conservador

La válvula de corte del conservador se monta en el tubo de aceite que une el conservador y el depósito. La válvula permite el flujo de aceite en ambas direcciones pero cierra y activa una alarma si el caudal supera un determinado límite. En caso de fallo de la borna o rotura del tanque principal, la válvula de corte debería evitar el vertido de aceite desde el conservador y prevenir contribuir a un incendio.

Dispositivo de alivio de presión (PRD)

Un PRD es una válvula accionada por resorte que se utiliza para liberar la presión interna después de que la deformación del depósito haya consumido la energía del arco. A la salida del PRD hay una tubería instalada para guiar el aceite y el gas correctamente hasta el sistema de contención base.

Deflector de aceite

La quinta de las medidas de mitigación del diseño del transformador se refiere al punto estratégico de rotura, diseñado para estar en la soldadura de la cubierta del transformador. Dado que durante un breve periodo de tiempo podría expulsarse una

mezcla de aceite caliente y gas, puede instalarse un deflector de aceite en los puntos estratégicos de rotura para desviar la corriente y evitar vertidos que afecten a la seguridad del personal →3.

¿Qué hay detrás del diseño del depósito?

La formación de arcos en el aceite se ha estudiado durante muchas décadas y se ha aprendido mucho sobre la ciencia de este fenómeno. Por ejemplo, se sabe que la energía del arco depende de la máxima corriente disponible, la duración del arco (que es corta si la protección eléctrica es eficiente) y la tensión del arco. A partir de un caso registrado en el sistema de HydroQuébec de 735 kV, se observó un efecto de presión de la burbuja de gas circundante sobre la tensión [3] y se propuso una ecuación más precisa para calcular la tensión del arco, el más evasivo de los parámetros a medir.

Es fundamental conocer bien la ciencia del propio depósito.

La composición química del arco se ha investigado desde 1953, principalmente para aplicaciones de interruptores. Los autores de cinco estudios publicados coinciden en que la tasa de generación de gas del arco es lineal y la temperatura en la zona de reacción es de unos 2000 °K [1]. En el marco de un amplio programa experimental de transformadores de distribución combinado con simulaciones numéricas, se concluyó que un factor de conversión de gas a volumen de 85 cc/kJ a temperatura y presión estándar coincide bien con la realidad [4]. Esta generación de gas del arco se utiliza en la siguiente expresión para caracterizar la presión acumulada en un depósito de transformador [3].

—
03 Al estar dirigido hacia la pared externa del tanque y hacia abajo, el deflector de aceite evita que el aceite ponga en peligro al personal.

03a Situación normal.

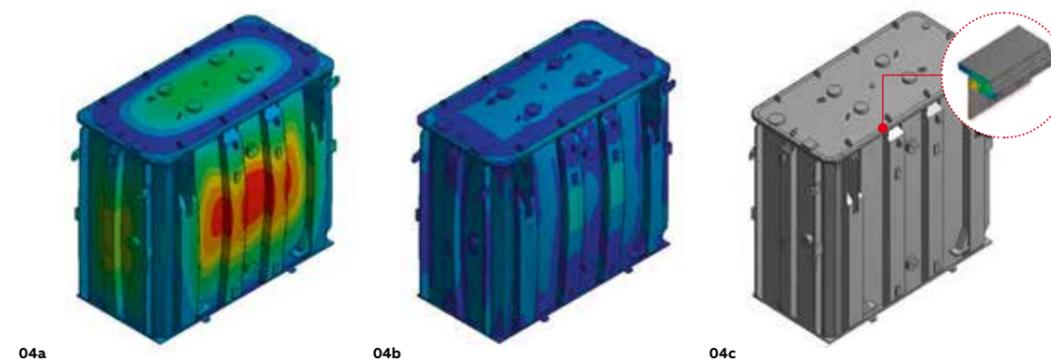
03b Con el flujo de aceite expulsado desviado.

—
04 Proceso de análisis numérico del depósito.

04a Desplazamiento (flexibilidad del tanque).

04b Esfuerzo (evaluación global de la resistencia).

04c Regiones críticas (puntos de rotura del depósito).



04a

04b

04c

La ecuación tiene un factor de amplificación dinámico que es una relación entre la presión dinámica localizada y la presión constante final. Este efecto dinámico se observó en los experimentos con transformadores con explosiones químicas en recipientes especiales [5] y en un extenso estudio experimental numérico con inyección a alta presión [3].

$$P_s = F \left[100 \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{kE}{100C}} - 50 \right]$$

Ps: presión calculada del depósito (kPa)

E: nivel de energía del fallo a soportar (kJ)

k: factor de conversión de energía del arco (5,8 x 10⁻⁴ m³/kJ)

C: coeficiente de expansión del depósito (m³/kPa)

F: factor de amplificación dinámica

Es fundamental conocer bien la ciencia del propio depósito. La importancia del coeficiente de expansión del depósito por lo que respecta a la presión interna del depósito se determinó por primera vez en 1959, en el marco de experimentos en depósitos de transformadores rectangulares bañados en aceite sometidos a descargas repentinas de nitrógeno, y se confirmó simultáneamente mediante estudios numéricos [6,7]. Sin embargo, las características de resistencia de los depósitos eran prácticamente desconocidas, por lo que en 2011 Hydro-Québec y ABB iniciaron una investigación exhaustiva sobre este tema. A lo largo de más de cinco años de investigación, se desarrolló una metodología numérica para analizar el comportamiento del depósito del transformador en el dominio del plástico, hasta el punto de rotura. Estos resultados numéricos se han validado mediante aproximadamente 40 experimentos destructivos.

Todos los parámetros numéricos, tales como la simplificación geométrica, el tamaño de malla, el tipo de elemento, el elemento de contacto, las condiciones de contorno y el análisis de resultados, se calibraron a través de este proceso experimental. Estos años de aprendizaje produjeron simulaciones numéricas con resultados precisos de desplazamiento y, por lo tanto, el coeficiente de expansión del depósito y, en última instancia, las características de resistencia del depósito →4.

Prueba en transformadores de potencia grandes

Se diseñó y fabricó un transformador a escala completa de 330 kV y 210 MVA equipado con una maqueta de pieza activa de acuerdo con las reglas de diseño del TXpand [8]. Este depósito lleno de agua fue sometido a una inyección de aire presurizado equivalente al gas producido en el aceite por una energía de arco de 20 MJ. Esta alta liberación de energía es, hasta donde sabe ABB, la más alta jamás alcanzada. El depósito se expandió según las predicciones de las simulaciones numéricas de ABB y el depósito absorbió toda la energía inyectada sin ninguna rotura →5. El PRD tardó más de 5 s en liberar la presión interna del depósito, que es bastante lento en comparación con lo que dura un fallo de tres ciclos (50 ms).

—
Todos los parámetros numéricos se calibraron mediante un proceso experimental.



06

En una segunda prueba se inyectó una presión más alta, con la intención de provocar la rotura del tanque. Incluso si se crea la burbuja de gas en el fondo del depósito, el depósito se rompe en el punto de estratégico rotura previsto por la simulación numérica, es decir, en la soldadura de la cubierta del depósito.

Prueba del transformador SSVT

Las técnicas de simulación del TXpand, desarrolladas para transformadores de potencia, se aplicaron a un transformador de tensión de servicio (SSVT) de nivel básico de impulso (BIL) de 650 kV, cuyo volumen del depósito interno es una centésima parte el de un transformador de potencia. Este análisis dio lugar a varios cambios de diseño para mejorar la resistencia del depósito frente a la formación de arcos internos. En 2017 se probó un conjunto completo de SSVT con una corriente de fallo interno de 40 kA para 300 ms de conformidad con la norma IEC 61869-1 2007 para el máximo grado de protección (etapa 2 y clase II) →6. El SSVT superó con éxito todos los requisitos de la prueba: el depósito resistió la presión, no se observó ninguna expulsión ni fragmentación y los PRD evacuaron el aceite en unos 5 s. Este experimento demostró que la potente metodología numérica desarrollada para los transformadores de potencia grandes puede reducirse para los SSVT.

—
05 Prueba de presión del depósito de transformador de 330 kV.

05a Antes del evento de fallo interno.

05b Después del evento de fallo interno.

06 Prueba de fallo interno del SSVT (40 kA para 300 ms).

—
La solución TXpand se basa en una metodología numérica, un conocimiento profundo de la generación de gas por la formación de arcos y muchos años de investigación y desarrollo.

TXpand es simple, eficiente y rentable

La solución TXpand se basa en una metodología numérica, un conocimiento profundo de la generación de gas por la formación de arcos y muchos años de investigación y desarrollo. Los experimentos tanto en grandes transformadores de potencia como en SSVT han demostrado la eficacia de TXpand. En colaboraciones con clientes, TXpand se ha descrito como sencillo, eficiente y rentable. ABB dispone ahora de una tecnología probada que reduce considerablemente las consecuencias de un arco interno en un transformador. También podría utilizarse un transformador más seguro como punto de partida a partir del cual se podría iniciar una revisión de los costes y riesgos del costoso sistema de contención del aceite base de la subestación. ●



05a



05b

Referencias

[1] Cigré, "Guide for Transformer Fire Safety Practices – Working Group A2.33," Cigré – Technical Brochure 537, 2013.

[2] M. Foata, "Power Transformer Fire Risk assessment," Cigré, Sydney, Australia, 2008.

[3] M. Foata and J.-B. Dastous, "Power transformer tank rupture prevention," Cigré, Paris, 2010.

[4] J.-B. Dastous and M. Foata, "Analysis of Faults in Distribution Transformers with MSC/PISCES-2DELK," MSC World User's Conference, Los Angeles, 1991.

[5] T. Kawamura et al., "Prevention of Tank Rupture Due to Internal Fault of Oil Filled Transformers," Cigré session, Paris, 1988.

[6] M. Foata and G. Khouzam, "Power Transformer Tank Rupture," Canadian Electrical Association, Engineering and Operating Division, Toronto, 1994.

[7] R. E. Kothmann and D. G. Thompson, "Power Transformer Tank Rupture: Risk Assessment and Mitigation," EPRI, 1995.

[8] S. Brodeur and J.-B. Dastous, "Design and Testing of an Arc Resistant Power Transformer Tank," IEEE Transactions on Power Delivery, 2019. (Paper still in review by IEEE.)



01

DESMITIFICACIÓN DE TÉRMINOS TÉCNICOS

Sistemas autónomos

¿Cómo de autónomos son los sistemas industriales actuales?



Wilhelm Wiese
ABB Global Industries and Services
Bengaluru, India

wilhelm.wiese@
in.abb.com

¿Puede compararse el nivel de autonomía de una planta de producción con los niveles de autonomía generalmente aceptados actualmente para los vehículos? Lejos de ser una comparación de manzanas con naranjas, estas dos áreas de aplicación comparten un mundo de similitudes, lo que arroja luz sobre el significado del propio concepto de autonomía.

Todo el mundo habla de sistemas autónomos cuando se aplican a los coches. Pero, ¿cuál es el estado de estos sistemas en la industria? Mientras que la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Carretera (NHTSA) de Estados Unidos ha definido muy claramente los cinco niveles de autonomía [1], aún no se han establecido definiciones similares en el campo de la automatización industrial. No obstante, estas dos áreas de aplicación pueden compararse fácilmente.

Pero para evitar confusiones, debe quedar claro que la automatización y los sistemas autónomos son dos especies sustancialmente diferentes. En pocas palabras, los sistemas autónomos se caracterizan por la capacidad de actuar con

independencia del control humano directo, mientras que los sistemas automatizados no [2,3]. Cuando se trata de sistemas autónomos en la industria, un objetivo justo y alcanzable es aspirar al Nivel 3 de la NHTSA. En términos de ingeniería, cuando se traduce a un sistema de control industrial, esto puede definirse como un sistema capaz de realizar por sí mismo todos los aspectos de una tarea de configuración. Por lo tanto, identifica la configuración más adecuada basándose en el conocimiento que obtiene a partir de un conjunto de datos global de configuraciones optimizadas de dispositivos que tienen en cuenta una combinación innumerable de dispositivos conectados, el dominio industrial y datos ambientales, como las condiciones meteorológicas.

En pocas palabras, los sistemas autónomos se caracterizan por su capacidad de actuar con independencia del control humano directo, mientras que los sistemas automatizados no.



02

01 En la ingeniería industrial, el objetivo es eliminar la necesidad de intervención humana aplicando cada vez más aprendizaje automático.

02 Un robot FlexPicker de ABB. Los algoritmos que impulsan estas máquinas están ayudando a maximizar el procesamiento flexible e higiénico de los alimentos.

Referencias

[1] www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety

[2] www.roboticsbusinessreview.com/ai/breaking-down-autonomous-systems

[3] new.abb.com/news/detail/11164/autonomous-systems

Por lo que respecta a las operaciones, la contrapartida industrial del Nivel 3 puede describirse como sigue: El operador humano debe estar preparado para retomar el control en cualquier momento en que el sistema autónomo se lo solicite.

En ambos, ingeniería y operaciones, el objetivo es el mismo: eliminar la necesidad de intervención humana mediante la aplicación cada vez mayor del aprendizaje automático →2. Técnicamente, esto requiere cambios significativos en la capa de control de un sistema autónomo, porque la capa de control tiene que tener una vista global de la planta.

A la vista de las circunstancias, cabe esperar que la inteligencia artificial cambie el actual paradigma de control de la clasificación de señales a la analítica de los datos de proceso, de los lazos de realimentación a la predicción, y de la calibración de procesos a la autooptimización.

De cara al futuro, la ingeniería, el funcionamiento y el control se fusionarán en los sistemas autónomos del mañana en un ciclo continuo de algoritmos de autoaprendizaje que permitirán optimizaciones de procesos y plantas que difícilmente podemos imaginar hoy. •

Consejo editorial

Consejo de redacción

Bazmi Husain
Chief Technology Officer
Group R&D and Technology

Adrienne Williams
Senior Sustainability
Advisor

Christoph Sieder
Head of Corporate
Communications

Reiner Schoenrock
Technology and Innovation

Roland Weiss
R&D Strategy Manager
Group R&D and Technology

Andreas Moglestue
Chief Editor, ABB Review
andreas.moglestue@
ch.abb.com

Editorial

ABB Review es una publicación de I+D y tecnología del Grupo ABB.

ABB Switzerland Ltd.
ABB Review
Segelhofstrasse 1K
CH-5405 Baden-Daettwil
Switzerland
abb.review@ch.abb.com

ABB Review se publica cuatro veces al año en inglés, francés, alemán y español. ABB Review es una publicación gratuita para todos los interesados en la tecnología y los objetivos de ABB.

Si desea suscribirse, póngase en contacto con el representante de ABB más cercano o suscríbese en línea en www.abb.com/abbreview

La reproducción o reimpresión parcial está permitida a condición de citar la fuente. La reimpresión completa precisa del acuerdo por escrito del editor.

Editorial and copyright ©2019
ABB Switzerland Ltd.
Baden/Switzerland

Impresor
Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH
6850 Dornbirn/Austria



Diseño
Publik. Agentur für
Kommunikation GmbH
Ludwigshafen/Germany

Ilustraciones
Konica Minolta
Marketing Services
Londres
Reino Unido

Declaración de exención de responsabilidad

Las informaciones contenidas en esta revista reflejan el punto de vista de sus autores y tienen una finalidad puramente informativa. El lector no deberá actuar sobre la base de las afirmaciones contenidas en esta revista sin contar con asesoramiento profesional. Nuestras publicaciones están a disposición de los lectores sobre la base de que no implican asesoramiento técnico o profesional de ningún tipo por parte de los autores, ni opiniones sobre materias o hechos específicos, y no asumimos responsabilidad alguna en relación con el uso de las mismas.

Las empresas del Grupo ABB no garantizan ni aseguran, ni expresa ni implícitamente, el contenido o la exactitud de los puntos de vista expresados en esta revista.

ISSN: 1013-3119

abb.com/abbreview

Edición para tablet

A finales de 2018 se suspendió la producción en la versión para tablet de ABB Review (para iOS y Android). Se recomienda a los lectores de las versiones para tablet que utilicen en su lugar las versiones en pdf o web, www.abb.com/abbreview

Manténgase informado

¿Se ha perdido algún número de ABB Review? Regístrese para recibir un aviso por correo electrónico en <http://www.abb.com/abbreview> y no vuelva a perderse ningún número.



Cuando se registre para recibir este aviso, recibirá también un correo electrónico con un enlace de confirmación. No olvide confirmar el registro.



—
Próximo número 04/2019

Electrificación en el transporte

El transporte global depende de una compleja y matizada serie de tecnologías y procesos, desde la generación y distribución de energía hasta dónde y cómo esta se convierte literalmente en movimiento. El próximo número de ABB Review revelará cómo las industrias están aprovechando la electrificación para aumentar la eficiencia, reducir costes y ayudar colectivamente a salvar el planeta.