

review

Rendimiento extremo 04|2017 es



-
- 06–25 Rendimiento extremo
 - 26–49 Ingenio en el trabajo
 - 50–65 Eternos pioneros



14

Intercambiador de calor compacto por termosifón



Investigación corporativa, Suiza: cincuenta años



36

Asset Health Center ayuda a AEP a gestionar sus recursos

Convertidor modular multinivel

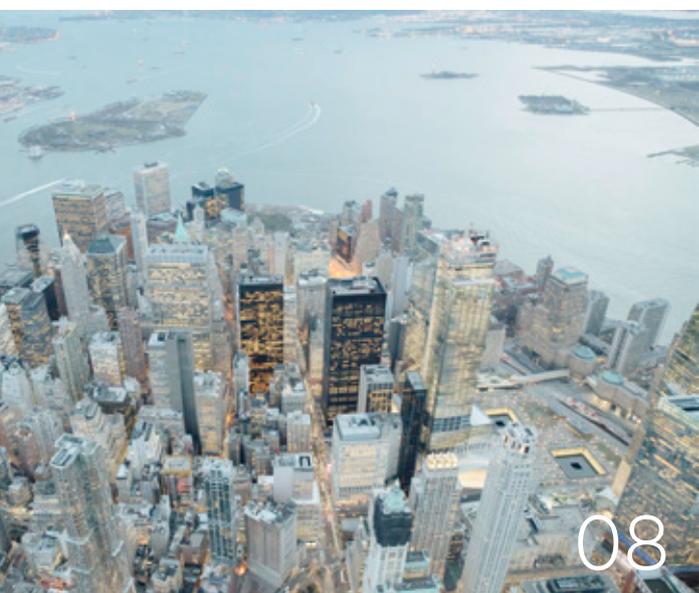


42





Subestación digital ABB Ability™



05 Editorial

Rendimiento extremo

- 08 Subestación digital ABB Ability™
- 14 Intercambiador de calor compacto por termosifón
- 22 Subestación para condiciones extremas

Ingenio en el trabajo

- 28 Desarrollo de la automatización industrial
- 36 Asset Health Center para AEP
- 42 Convertidor modular multinivel

Eternos pioneros

- 52 Investigación corporativa, Suiza: cincuenta años
- 64 Sin cables, pero conectados
- 65 Núcleos atómicos, perspectiva de 1941

Desmitificación de términos técnicos

- 66 Inteligencia artificial

67 Consejo editorial

68 Índice 2017

Las condiciones extremas son la prueba de fuego para la fiabilidad de las operaciones de misión crítica, y pueden responder a condiciones estructurales, como lugares aislados o difíciles, o circunstanciales, como cambios climáticos o picos de demanda. ABB se especializa en el hardware, los conocimientos técnicos y la conectividad digital que garantizan el funcionamiento de los sistemas en todas las situaciones. Este número de ABB Review describe estos proyectos y analiza cómo contribuyen al éxito de los clientes también en condiciones cotidianas.

**Agradecemos sus comentarios.
abb.com/abbreview**

EDITORIAL

Rendimiento extremo



Estimado lector:

En 2012, el huracán Sandy asoló Nueva York y causó cientos de muertos y una devastación valorada en decenas de miles de millones. La empresa de servicios públicos Con Edison sufrió grandes daños debido a la inundación de sus instalaciones. Con Edison recurrió a ABB para que le ayudara a reconstruir la infraestructura. El objetivo no solo era restablecer la configuración y la funcionalidad previas, sino también dotar a las instalaciones de mayor resistencia en el futuro. Esto se logró en parte mediante el diseño material de los equipos y en parte mediante la digitalización. Las funciones avanzadas de conectividad y diagnóstico permiten supervisar las operaciones habituales, respaldar la reconfiguración de los equipos en casos de emergencia y agilizar el trabajo de los equipos de reparación.

Este número de ABB Review gira en torno a este y otros ejemplos de equipos y soluciones de ABB diseñados para trabajar en condiciones extraordinarias.

Que disfrute de la lectura.

A handwritten signature in red ink, appearing to read 'Bazmi Husain'. The signature is stylized and fluid.

Bazmi Husain
Director de Tecnología

Rendimie extremo





Mantener las luces encendidas durante una tormenta o restablecer el servicio de inmediato si llega a perderse exige conocimientos profundos de lo que podría pasar, no solo de lo que cabe esperar. ABB combina la tecnología material y digital idónea para anticipar dichos requisitos, y garantiza un rendimiento óptimo en todas las situaciones.

- 08 Subestación digital ABB Ability™
- 14 Intercambiador de calor compacto por termosifón
- 22 Subestación para condiciones extremas



08

RENDIMIENTO EXTREMO

Subestación digital ABB Ability™ a prueba de tormentas

Ante una tormenta, los sistemas de suministro eléctrico deben tener la flexibilidad necesaria para permitir la reparación rápida y restablecer cuanto antes el alumbrado y las actividades comerciales. Para dotar a la red eléctrica de esa flexibilidad, Con Edison sustituyó la tecnología convencional por la digital con la subestación ABB Ability.



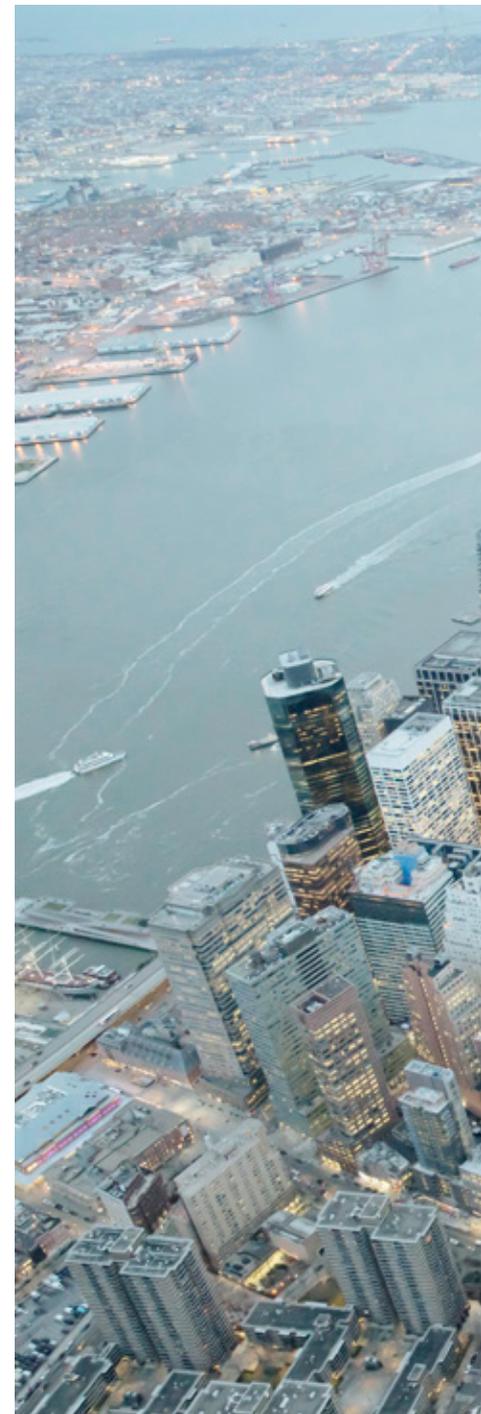
Gerhard Salge
ABB Power Grids
Zúrich, Suiza

gerhard.salge@ch.abb.com

El huracán Sandy arrasó Nueva York en 2012, con inundaciones de 3,38 metros que solo se esperan una vez cada 260 años [1]. La marea de tormenta de Sandy fue la mayor registrada desde 1700, año en que empezaron a realizarse mediciones →1.

El huracán Sandy arrasó Nueva York en 2012, con inundaciones que solo se esperan una vez cada 260 años.

En la bahía de Nueva York hay otras tres ciudades, además de la homónima: Newark, Jersey City y Hoboken, así como numerosos municipios más pequeños. Cerca de la bahía viven alrededor de 21 millones de personas en una conurbación densamente poblada y equipada con muchas infraestructuras típicas de una región considerada un motor económico mundial. Además de la trágica pérdida de vidas humanas, el huracán Sandy provocó daños a las infraestructuras valorados en más de 60 000 millones de dólares: casas destruidas, calles, túneles y estaciones de metro



—
01 La isla de Manhattan y sus alrededores constituyen un territorio bajo y densamente poblado con infraestructuras vulnerables a catástrofes naturales, como el huracán Sandy.

inundadas y grandes destrozos provocados por el agua salada. Extensas zonas de Nueva York se quedaron sin servicio de luz, agua, telecomunicaciones y alcantarillado durante varios días.

Consolidated Edison, Inc., conocida como Con Edison, es una de las mayores compañías eléctricas privadas de Estados Unidos, con activos valorados en más de 47 000 millones de dólares. Uno de estos activos es la subestación que sirve al bajo Manhattan, incluida Wall Street.

Esta subestación es una de las más grandes de este tipo de Estados Unidos y suministra electricidad a cientos de miles de clientes.

El personal de Con Edison recuerda muy bien la devastación causada por el huracán Sandy. La avalancha de agua marina que inundó la subestación dañó gravemente el cableado de cobre

—
El huracán Sandy provocó más de 60 000 millones de dólares de daños estructurales.

y los armarios de control y distribución. La corrosión que los ingenieros de Con Edison observaron en algunos de los sistemas de control, el cableado y los bloques de terminales parecía llevar años actuando, aunque en realidad se había producido en unas horas.

01





02

Desde el huracán Sandy, Con Edison ha invertido mil millones de dólares en su “Plan de protección frente a tormentas”, para mejorar la capacidad de respuesta de los sistemas de suministro eléctrico aéreos y subterráneos a fenómenos meteorológicos extremos. Estas medidas incluyen la protección de subestaciones con muros perimetrales, compuertas y muros de contención reforzados →2-3.

—
La avalancha de agua marina que inundó la subestación dañó gravemente el cableado de cobre y los armarios de control y distribución.

Otra parte vital del programa de protección contra tormentas de Con Edison fue la instalación de tecnología de subestación digital ABB Ability para garantizar el suministro en la subestación de Manhattan [2]. La idea central era sustituir varios elementos del equipo del sistema eléctrico convencional por tecnología digital.

Subestación digital ABB Ability

La subestación digital ABB Ability es un componente clave de un red inteligente. En la subestación, las comunicaciones digitales mediante cables de fibra óptica sustituyen a las conexiones

de cobre tradicionales que emplean señales de control binarias. Esto incrementa la seguridad, la flexibilidad y la disponibilidad, reduce el coste y los riesgos y aumenta la capacidad de recuperación en caso de tormenta.

En particular, la totalidad de los datos de control, las mediciones de los relés y los datos de supervisión fluyen a través del bus de comunicaciones digitales de fibra óptica muy fiable. De este modo no solo disminuyen los costes de explotación y mantenimiento, sino que mejoran la resistencia y la fiabilidad. Por ejemplo, los datos sobre el estado de los activos se recogen mediante comunicaciones digitales normalizadas para optimizar el rendimiento y mejorar la eficiencia y





—
02 Esta vista aérea de la subestación de Con Edison en el bajo Manhattan recoge algunas de las nuevas medidas contra inundaciones, como los muros perimetrales.

—
03 Las medidas incluyen muros altos y canalizaciones elevadas.

—
04 La sala de control simplificada de Con Edison facilita la vida a los operarios.

la rentabilidad de la subestación; así se reduce hasta un 50 % el tiempo de inactividad de transformadores y disyuntores.

La capacidad de compartir la información en un bus digital permite utilizar todos los datos disponibles y combinarlos con datos históricos y vistas de flotas. Esto ayuda a acrecentar la fiabilidad de la red y ampliar la vida útil de los activos en esta subestación y en otras.

Además, el propietario del activo no solo puede aumentar la fiabilidad de la propia subestación, sino también vincular las prácticas de explotación y mantenimiento de la subestación con las de nivel empresarial.

La nueva subestación digital ABB Ability también permite a Con Edison aprovechar las ventajas de los grandes volúmenes de datos. A partir de ellos, pueden extraerse datos críticos de los activos e inteligencia comercial para tomar decisiones más rápidas en una situación de crisis. Asimismo, se pueden analizar datos, identificar tendencias y predecir problemas potenciales. En otras palabras: esta abundancia de datos nuevos propicia un cambio del mantenimiento tradicional basado en el tiempo al mantenimiento basado en el estado.

Controles simplificados

Parte del proceso de digitalización consistió en pasar de varias capas de sistemas de control antiguos, algunos de ellos afectados por las inundaciones provocadas por el huracán Sandy, a un nuevo sistema automático único. Este enfoque de sistema único simplificó en gran medida las tareas acometidas por el personal y mejoró la seguridad y la fiabilidad →4.

Los ingenieros de Con Edison mantuvieron un diálogo continuo con el equipo de ABB durante las fases de diseño, prueba e instalación, y lograron poner en marcha la fase uno dentro del calendario y el presupuesto previstos, sin accidentes ni lesiones.

El uso de la norma abierta de comunicación para subestaciones eléctricas IEC 61850 simplifica aún más las cosas: el nuevo sistema de control y protección de automatización de subestaciones emplea mensajería GOOSE según la norma IEC 61850 para controlar los disyuntores del patio de maniobras. El uso de la norma IEC 61850 permite a Con Edison implantar una solución de control y protección multiproveedor interoperable, cosa antes imposible. La comunicación entre los disyuntores y los relés de protección y la operación remota se basan en redes de comunicación de fibra óptica.

03



04





05

Aparamenta híbrida PASS

Un componente importante de la nueva subestación digital ABB Ability es la aparamenta híbrida del sistema modular de 420 kV Plug and Switch System (PASS), que se ha instalado más de 10 metros por encima del nivel de la subestación original, a salvo de inundaciones extremas, para mejorar la fiabilidad y reducir los cortes eléctricos →5-7.

La innovadora aparamenta PASS ahorra un 50 por ciento de espacio gracias a la inclusión de todas las funciones de la bahía de alta tensión en un espacio reducido, que permite añadir nuevas celdas de conmutación a una subestación densamente poblada sin necesidad de más espacio (la propiedad inmobiliaria en Nueva York es cara y difícil de encontrar). El equipo PASS es fácil de transportar y se instala rápidamente sin necesidad de montar piezas activas ni de realizar pruebas de alta tensión in situ.

06



—
No solo disminuyen los costes de explotación y mantenimiento, sino que mejoran la resistencia y la fiabilidad.

Esta facilidad de instalación radica en una característica sencilla, segura y eficaz: la rotación rápida de bornas pasantes de la posición de transporte a la de servicio. Esto agiliza la instalación y la puesta en servicio.

—
05 Aparamenta PASS de 420 kV de ABB en la subestación de Con Edison.

—
06 Aparamenta híbrida PASS montada 10 metros por encima del nivel de la subestación original.

—
07 Visión general de la instalación PASS. Los aisladores pasantes se giran rápidamente de la posición de transporte a la de servicio.

Referencias

[1] P. M. Orton et al., "A validated tropical-extratropical flood hazard assessment for New York Harbor," *Journal of Geophysical Research: Oceans*, published online, 31 December, 2016. Available: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016JC011679/epdf>

[2] ABB Video, "Digital substation helps New York guard against storm chaos." Available: <https://www.youtube.com/watch?v=8AduBjK7lic>

Menos cobre

Gracias a la actualización digital de ABB se ha logrado prescindir del 80 por ciento del cableado de control de cobre, sustituido por fibra óptica. La disminución del cobre aumenta la seguridad: cada tramo de cobre de una subestación constituye un riesgo de descarga eléctrica para el personal, puesto que es conductor de la electricidad.

A prueba de tormentas y preparado para el futuro

La digitalización de la red eléctrica es un componente clave del mundo actual, cada vez más

—
En la subestación, las comunicaciones digitales de fibra óptica sustituyen a las conexiones de cobre tradicionales que emplean señales analógicas.

conectado. Con la tecnología ABB Ability, las subestaciones digitales permiten a los clientes crear redes eléctricas más fiables que admiten

una interacción humana más eficaz en términos de explotación, mantenimiento y seguridad para los trabajadores.

Es muy satisfactorio ver cómo Con Edison ha transformado digitalmente su subestación más crítica de Nueva York e implantado medidas contra los fenómenos meteorológicos que incrementarán la resistencia de la red y mejorarán la fiabilidad del suministro eléctrico para los clientes de Manhattan. La flexibilidad que aporta la digitalización permite todas las ampliaciones necesarias, incluso con varios proveedores, lo que garantiza que la subestación digital no solo está preparada para resistir tormentas, sino también para el futuro. ●

07



RENDIMIENTO EXTREMO

Intercambiador de calor autónomo por termosifón para convertidores de potencia

Los modernos productos de electrónica de potencia pueden generar mucho calor. La refrigeración por agua no suele ser deseable ni práctica, por lo que ABB ha desarrollado un intercambiador de calor por termosifón compacto de dos fases que es sencillo y totalmente pasivo, y por ello muy fiable. Con la misma tecnología se ha desarrollado un intercambiador de calor compacto aire-aire para refrigeración de espacios cerrados.

Bruno Agostini
Daniele Torresin
ABB Corporate Research
Dättwil, Suiza

bruno.agostini@
ch.abb.com
daniele.torresin@
ch.abb.com

Timo Koivuluoma
ABB Oy
Helsinki, Finlandia

timo.koivuluoma@
fi.abb.com

Yong X. Wang
ABB AG
Brilon, Alemania

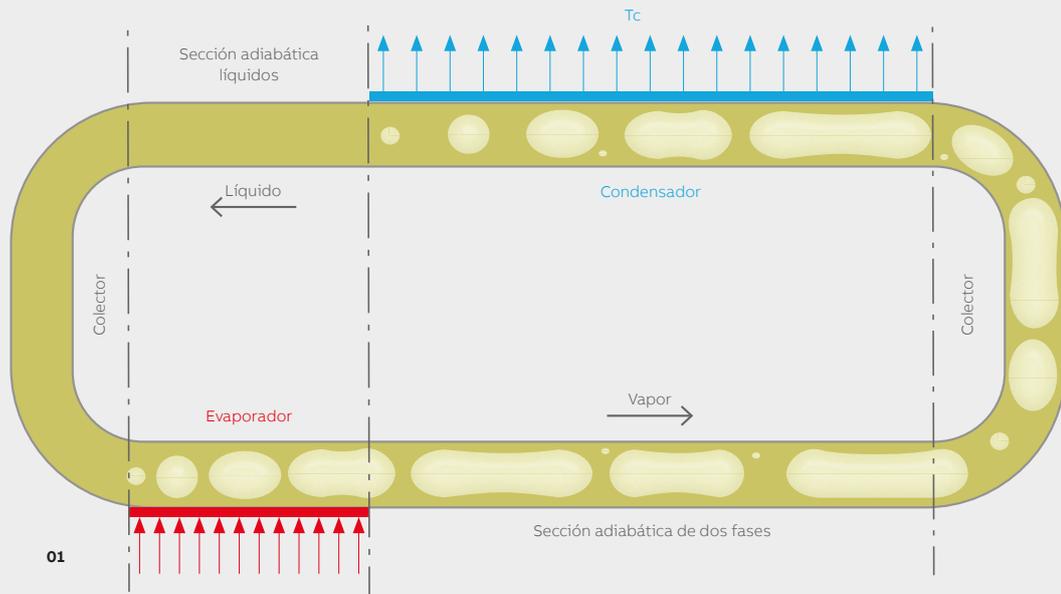
yong.x.wang@de.abb.com

La densidad de pérdida de calor en la moderna electrónica de potencia puede superar 100 W/cm² en el chip y 30 W/cm² en el sumidero de calor, y se supone que estas cifras serán aún mayores en productos futuros. El agua es un medio muy eficaz para la refrigeración de electrónica de potencia pero no suele ser ni deseable ni práctica. La refrigeración de dos fases es una alternativa prometedora.

—
Los termosifones son especialmente interesantes para la refrigeración de dos fases porque son totalmente pasivos y simples, y por tanto fiables.

La refrigeración de dos fases utiliza fluidos dieléctricos en configuraciones pasivas y logra coeficientes de transferencia de calor muy altos. Los termosifones son especialmente interesantes para la refrigeración de dos fases porque son totalmente pasivos y simples, y por tanto fiables.

ABB ha desarrollado un intercambiador de calor compacto por termosifón basado en tecnología automovilista que emplea numerosos tubos multipuerto extruidos con canales capilares dispuestos en paralelo y soldados a una placa base que soporta los módulos de electrónica de potencia. Este intercambiador de calor compacto consigue unas elevadas prestaciones de refrigeración y una caída de presión pequeña. Con la misma tecnología se ha desarrollado un intercambiador de calor aire-aire igualmente compacto para refrigeración de espacios cerrados. Ambos presentan las prestaciones de la refrigeración por agua con la facilidad de uso de la refrigeración por aire.



01

— 01 Principio de funcionamiento de un termosifón.

— 02 Sección de la tecnología del sistema de refrigeración autónomo de ABB.

Llevar a un completo desarrollo esta tecnología de refrigeración de ABB exigió un trabajo detenido de facilidad de fabricación, fluidos utilizables, seguridad, normativa aplicable y una

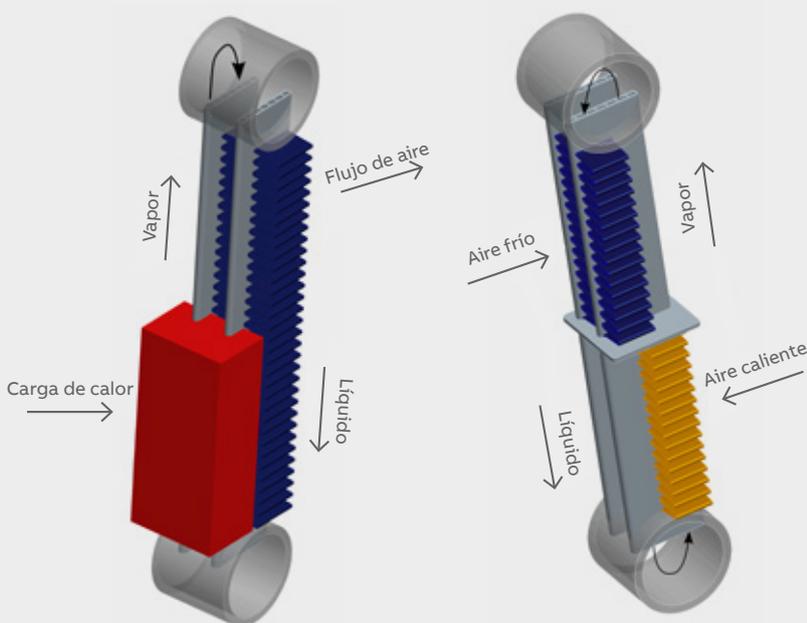
— **El intercambiador de calor compacto consigue unas elevadas prestaciones de refrigeración y una caída de presión pequeña.**

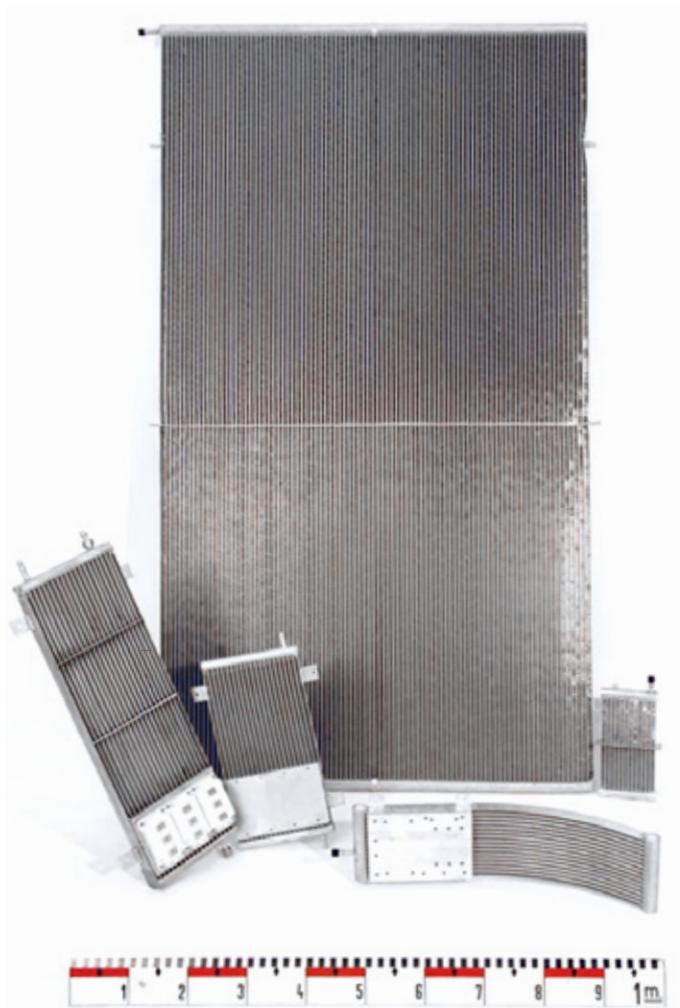
Principio de funcionamiento

La tecnología de refrigeración de ABB trata de sustituir los actuales sumideros de calor de aluminio refrigerados por aire por un enfriador por termosifón compacto y de altas prestaciones basado en un intercambiador de calor de automóvil. Las ventajas son: tamaño total reducido, mayor densidad de potencia, menor ruido del ventilador y mejor diseño mecánico. →1 y →2 muestran el principio de funcionamiento y los detalles del diseño para un enfriador base-aire y aire-aire (patente EP2031332).

investigación a fondo de los requisitos de rendimiento, seguridad y fiabilidad. La tecnología se ha probado a fondo en los laboratorios de ABB y sobre el terreno.

02





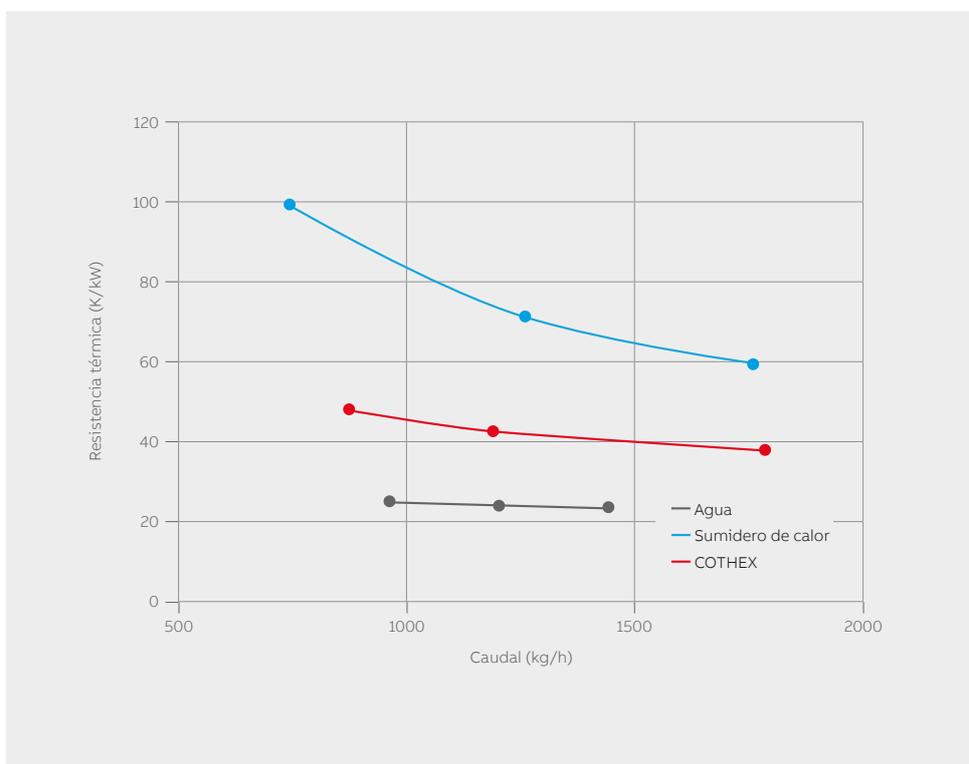
03

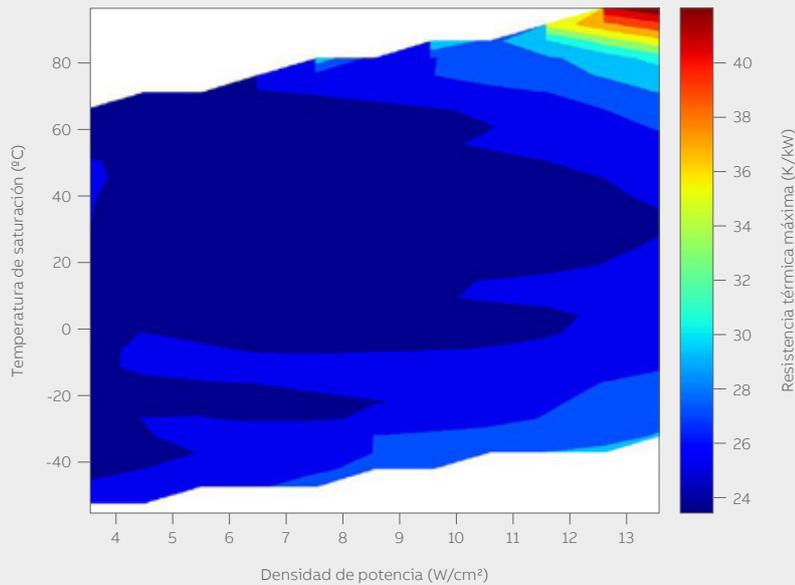
El enfriador está hecho de tubos extruidos multipuerto (MPE) paralelos de aluminio cuyos extremos están conectados a un tubo colector en

ABB ha desarrollado un intercambiador de calor compacto por termosifón basado en la tecnología de automoción que emplea numerosos tubos extruidos multipuerto con canales capilares.

las partes superior e inferior. El enfriador se divide en un evaporador con una sección ascendente en la parte inferior y un condensador con una sección descendente en la superior. El tubo MPE está formado por varios minicanales (normalmente entre 7 y 13) en paralelo. Algunos de estos canales están dedicados a la evaporación y, por tanto, van soldados a una placa base donde se fija la electrónica productora de calor; el resto de los canales lleva aletas refrigeradas por aire para la condensación. Cada uno de los tubos MPE se comporta como un termosifón individual.

04





05

— 03 Familia de enfriadores autónomos ABB, de 20 cm a 2 m.

— 04 Comparación de prestaciones con tecnologías de refrigeración estándar.

— 05 Diagrama de prestaciones de sistemas de refrigeración autónomos de ABB en temperaturas extremas del aire.

Puede seleccionarse el número y la longitud de los tubos MPE para satisfacer los requisitos de refrigeración →3. El diseño permite una alta densidad de tubos MPE y maneja densidades de calor mayores que los clásicos enfriadores de tubo de calor.

— El diseño permite una alta densidad de tubos MPE y maneja densidades de calor mayores que los clásicos enfriadores de tubo de calor.

Fabricación

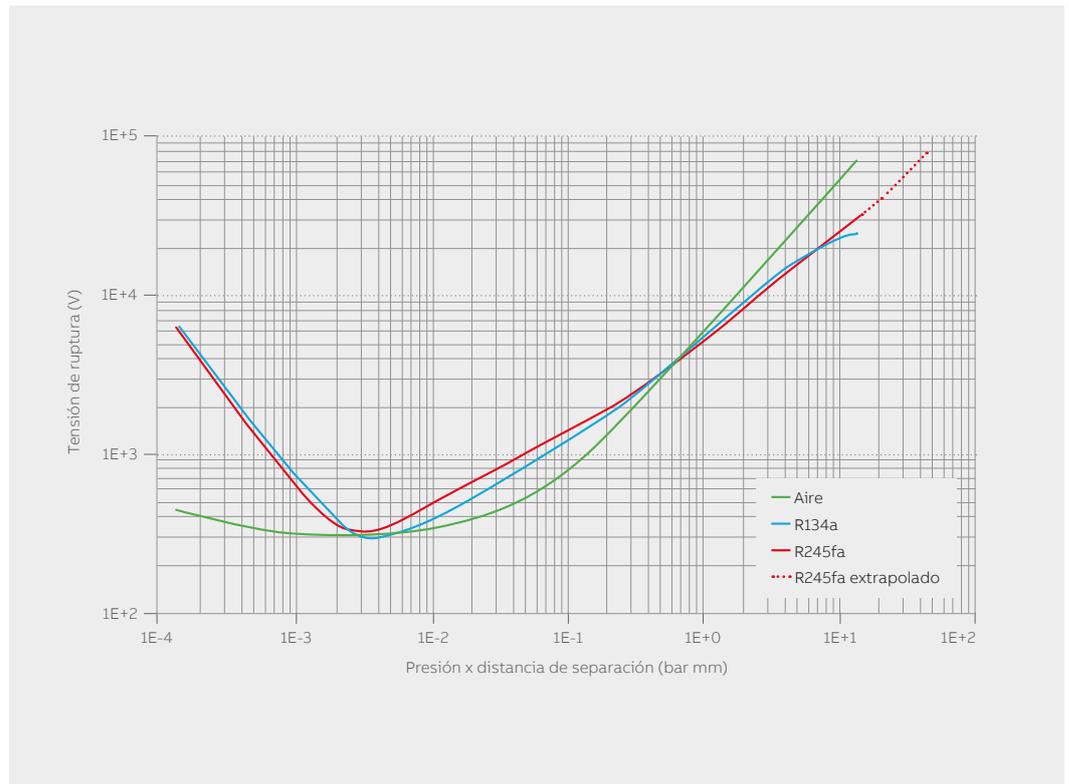
Buena resistencia a la corrosión, conformabilidad y elevada conductividad térmica hacen del aluminio un material ideal para la construcción del sistema de refrigeración. En la fabricación se utiliza soldadura de aluminio Nocolok, que es el método preferido para fabricar intercambiadores de calor para automóviles, tales como radiadores, condensadores, evaporadores y núcleos de calentador. El proceso Nocolok es utilizado ampliamente por los fabricantes de intercambiadores para el automóvil, por lo que podrán fabricar los sistemas de refrigeración autónomos de ABB.

Prestaciones [1]

Se han comparado las prestaciones de la refrigeración por sumidero de calor y por agua →4. El rendimiento del enfriador de dos fases de ABB se encuentra entre el del sumidero de calor clásico y el del enfriador por agua, con una resistencia térmica alrededor de un 50 por ciento menor. Además, la pérdida de presión del aire es normalmente seis veces menor que la del sumidero de calor.

Fluidos utilizables [2]

Los refrigerantes de interés para ABB en el grupo de hidrofluorocarburos (HFC) son el R134a y el R245fa. Estos HFC son muy estables térmicamente y tienen buena compatibilidad con casi todos los materiales. Sus propiedades termodinámicas y de transporte varían entre bastante buenas y muy buenas, y permiten una elevada eficiencia de refrigeración. Se utilizan masivamente desde los años 1990 en muchas aplicaciones de refrigeración.



06

Los refrigerantes HFC no contienen cloro y, por tanto, no dañan la capa de ozono. Pero, por su larga vida en la atmósfera, ejercen un fuerte efecto invernadero con un elevado potencial de calentamiento global (PCG). La nueva legislación sobre control de uso y emisiones de HFC prohi-

El sistema de refrigeración autónomo de ABB es muy resistente a las fugas.

birá el R134a y el R245fa después de 2025. Serán sustituidos por los R1234ze o R450A y R1233zd, que tienen un PCG mucho menor y ofrecen las mismas prestaciones. No obstante, el sistema de refrigeración autónomo de ABB es muy resistente a las fugas: las fugas de R134a a 20 bar totalizan aproximadamente 2,7 g/año, lo que permite 30 años de servicio sin necesidad de mantenimiento.

Por lo que se refiere a la seguridad del fluido, las pequeñas dimensiones de los termosifones de tubos MPE hacen que no se vean afectados por vasijas de presión o elementos de regulación relacionados. Asimismo, las normas internacionales sobre PCG afectan muy poco a los dispositivos de dos fases de ABB, pues son herméticos y están clasificados como “equipos de refrigeración estacionarios”.

Corrosión [3, 4]

La aleación EN AW-3003 empleada en el enfriador es una aleación de aluminio con buena resistencia a la corrosión en distintos ambientes. Para probar la resistencia a la corrosión, se sometieron 12 sistemas de refrigeración autónomos de ABB a ensayos en atmósfera corrosiva en pruebas aceleradas descritas en las normas ISO 3231 (SO₂), 6270 (humedad) y 9227 (rociado salino). Estas pruebas simulaban cinco años de uso en atmósferas contaminadas reales.

—
06 Tensión de rotura del R134a y el R245fa comparada con la del aire.

—
07 Simulación de la distribución de calor en 3D en la placa de base del módulo.

Se observó que todos los sistemas probados eran herméticos y funcionaban al final de las pruebas. Se midieron asimismo las subidas de temperatura y se vio que permanecían casi invariables, aunque las tres muestras expuestas a rociado salino experimentaron una subida de 8 K por acumulación de sal en las aletas. Una vez limpias, se recuperaron las prestaciones originales.

Temperaturas extremas [5]

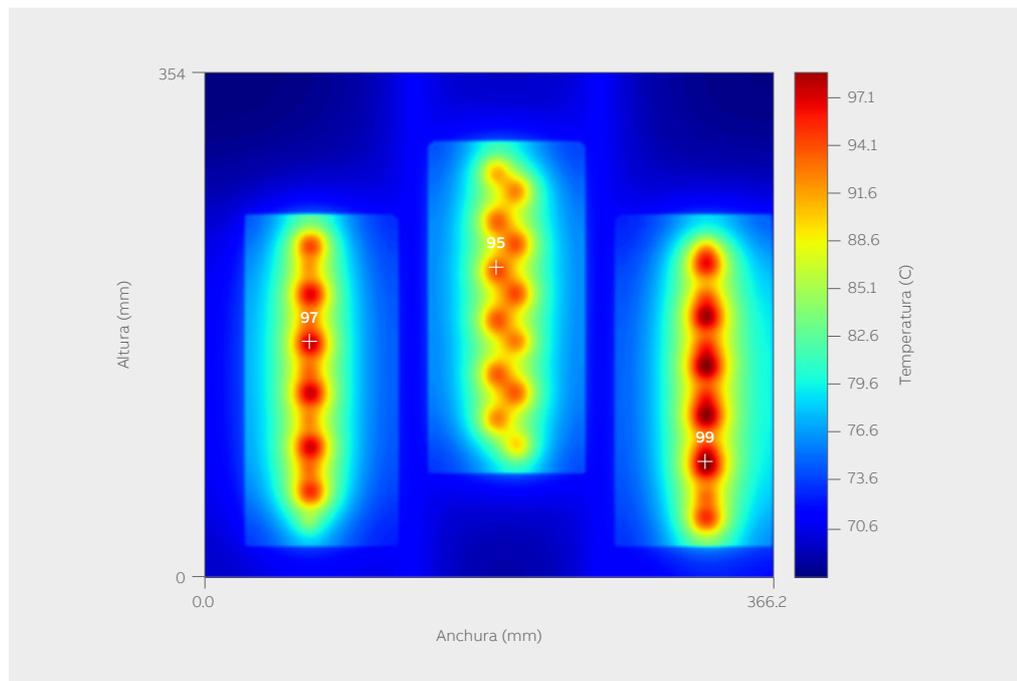
Se caracterizó experimentalmente el sistema de refrigeración autónomo de ABB con R134a a temperaturas de -60 a 60°C y vibraciones de hasta 8G en una cámara HALT (prueba práctica muy acelerada) que demostró un funcionamiento satisfactorio →5. En →5, el color representa la resistencia térmica, que solo empieza a aumentar cuando se combina una temperatura del aire elevada con una alta densidad de calor. Las vibraciones no tuvieron un efecto negativo sobre las prestaciones.

Tensión de rotura [6]

Cuando un aparato puede utilizarse en un entorno de alta tensión, la tensión de rotura adquiere mucha importancia. La tensión de

—
Todos los sistemas probados eran estancos y funcionaban al final de la prueba.

rotura del R134a es superior a la del aire, siempre que el valor de la presión multiplicado por el entrehierro no supere 1 bar mm →6. Si hay fugas de refrigerante a presión atmosférica, el aislamiento eléctrico excederá al del aire puro hasta 5 kV, para cualquier distancia no mayor de 1 mm. Pasado este punto, la capacidad de aislamiento



07

estará entre la del R134a y la del aire. La conclusión es que para aplicaciones de baja tensión, el aislamiento mejora, mientras que para alta tensión, podría necesitarse una mayor separación en comparación con el aire puro. Las conclusiones son idénticas para el R245fa.

Herramienta de diseño [7-9]

Se empleó un modelo de flujo de dos fases, numérico, unidimensional, como representación idealizada del termosifón. El modelo utiliza la solución de las tres ecuaciones de conservación (masa, momento y energía) combinada con un algoritmo de minimización para determinar el caudal másico, la temperatura de saturación y la calidad de vapor que sale del evaporador dentro del circuito.

Se han empleado correlaciones publicadas en la literatura para caracterizar el flujo de dos fases. Se ha acoplado un solucionador de distribución del calor en 3D al solucionador del termosifón

Las pequeñas dimensiones de los termosifones de tubos MPE hacen que no se vean afectados por vasijas de presión o elementos de regulación relacionados.

para predecir la temperatura de la unión de silicona y tener en cuenta la envoltura del módulo y el efecto del coeficiente de transferencia de calor de ebullición sobre el flujo de calor local, que afecta a la distribución. →7 muestra una simulación de la distribución de calor típica en 3D en la placa base del módulo de un inversor fotovoltaico (FV) PVS980. Hay buena concordancia entre las temperaturas previstas y las medidas.

Una tecnología probada

El sistema de refrigeración autónomo de ABB es una tecnología consolidada lista para su integración en convertidores de potencia y apta para proporcionar las prestaciones de la refrigeración por agua con la facilidad de uso de la refrigera-



—
08 Accionamiento
ACS800-38 para exterior
de ABB.

—
Referencias

[1] Luethi C., "Test report
Cothex base-to-air
cooler," ABB Technical
Report 3BHS345716 E15,
2012.

[2] Aguiar Peixoto, R.;
"Manual for Refrigeration
Servicing Technicians,"
UNEP publication.
Available online:
http://www.unep.fr/ozonaction/information/mmcfiles/7443-e-Ref_manual_servicing_technicians.pdf

[3] Habert M., "Aluminium
reliability for COTHEX
application," ABB
Corporate Research
Technical Report, 2009.

[4] Agostini B., Habert
M., "Corrosion COTHEX
Resistance Testing,"
ABB Corporate Research
Technical Report,
9ADB005890-010, 2014.

[5] Habert M., "Base-to-
air COTHEX performance
in extreme conditions,"
ABB Corporate Research
Technical Report,
9ADB005890-008, 2013.

[6] Agostini F.,
"Dielectric properties of
refrigerants: R134a and
R245fa," ABB Corporate
Research Technical
Report, 9ADB002335-027,
2010.

[7] Agostini B., Habert M.,
"Compact Thermosyphon
Heat Exchanger for Power
Electronics Cooling,"
Journal of Energy and
Power Engineering 7,
pp. 972-978, 2013.

[8] Agostini B., Habert
M., "Compact air-to-air
thermosyphon heat
exchanger," Heat Transfer
Engineering, 36(17),
pp. 1419-1425, 2015.

[9] Agostini B., "Three-
dimensional heat
spreading simulation
in a thermosyphon
evaporator," ABB
Corporate Research
Technical Report
9ADB003639-014, 2014.

ción por aire. ABB dispone ya de tres productos que emplean esta tecnología de refrigeración de dos fases:

- Desde 2011, ABB vende transformadores secos con alto valor de IP [4] con la carcasa refrigerada por pilas de sistemas de refrigeración autónomos aire-aire de ABB. Las dos primeras unidades se instalaron en un entorno marino.
- El accionamiento de exterior ACS800-38 bajo en armónicos →8 se vende desde 2012, con la primera instalación piloto en un entorno de desierto.
- El producto más reciente que emplea esta tecnología de refrigeración es el inversor fotovoltaico (FV) de exterior PVS980.

Los métodos y componentes de fabricación relacionados con el sistema de refrigeración autónomo de ABB son de la tecnología más reciente;

—
Se empleó un modelo de flujo de dos fases, numérico, unidimensional, como representación idealizada del termosifón.

con una historia de fiabilidad completa gracias a decenios de experiencia en la industria automovilista; y la tecnología ha sido probada a fondo en los laboratorios de ABB y sobre el terreno. ●



RENDIMIENTO EXTREMO

Subestación compacta para condiciones extremas

La subestación secundaria compacta (CSS) UniPack-G CSS de ABB tiene una estructura exterior de poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP) que la protege en ambientes agresivos. La UniPack-G CSS fue la solución ideal para la plataforma marina Mina Abdulla Refinery en el Golfo Pérsico.



Anthony Byatt
Autor externo

Si desea más información,
diríjase a: riham.el_gamal@eg.abb.com

KNPC (la Compañía Nacional de Petróleo de Kuwait) es una de las mayores refinerías del mundo. La compañía dispone de dos plantas: Mina Abdullah y Mina Al-Ahmadi, ambas en Kuwait. Para aumentar la capacidad de exportación de productos refinados de Mina Abdullah, se construyó una plataforma de carga marina. Situada a unos 5 km de la costa oriental del sur de Kuwait y a casi 6 km al este de la propia refinería de Mina Abdullah, la isla artificial Mina Abdulla Refinery dispone de dos muelles de carga para exportar derivados líquidos del petróleo e importar combustible en caso de emergencia →1.

Como la UniPack-G CSS pesa sólo una tercera parte de su equivalente en hormigón, los costes de transporte son razonables y su instalación en lugares aislados o difíciles es mucho más sencilla.

Cada muelle dispone de seis brazos de carga, cuatro para aceites ligeros y dos para aceites pesados. Seis oleoductos submarinos van hasta la isla, destinados al transporte de nafta, queroseno, gasóleo europeo (EGO), diésel para alta velocidad (HSD), diésel marino (MDO) y fueloil de alto contenido en azufre. Las instalaciones pueden cargar 80.000 t de aceites ligeros en 36 horas y la misma cantidad de aceites pesados en 40 horas.

La infraestructura que mantiene este alto nivel de actividad en la isla precisa de importantes cantidades de electricidad. La isla está alimentada por cables submarinos de alta tensión y necesita una subestación que baje la tensión a los valores adecuados para los consumidores locales de electricidad. KNPC buscaba una subestación secundaria capaz de soportar la humedad excesiva, las temperaturas extremas y las duras condiciones de corrosión marina de la isla, por no hablar de la combustibilidad.

La empresa se decidió por la UniPack-G CSS de ABB.





01

—
01 La isla artificial
Mina Abdulla Refinery
Sea Island Structure.
Fotografía cortesía
de Kuwait National
Petroleum Company.

UniPack-G CSS de ABB

El acero y el hormigón son las dos opciones habituales para la construcción de subestaciones. El hormigón (o el ladrillo) es resistente a las inclemencias del tiempo, pero pesa mucho y es difícil de trabajar. La prefabricación simplifica la cons-

—
Mantener la temperatura interna en todas las condiciones exteriores es una cualidad propia de la doble capa de la UniPack-G.

trucción, pero aumenta los costes de transporte y montaje, ya que una CSS de hormigón pesa unas 24 t. El acero es una solución más cómoda y barata. Con el peso relativamente menor de una CSS de acero, el transporte es más fácil y la instalación más cómoda. Una CSS de acero tiene un peso medio de 12 t y las mismas funciones que una CSS de hormigón que pese el doble. Pero, aunque más ligero, el acero no es tan resistente como el hormigón y es más sensible a la degradación en condiciones ambientales adversas.

Idealmente, un revestimiento de CSS debe tener las ventajas del hormigón y el acero y ninguno de sus inconvenientes. ABB ha desarrollado un contenedor para la UniPack-G CSS →2 que cumple estas condiciones.

El contenedor de la UniPack-G CSS es de GRP, muy resistente y estable. Como la UniPack-G CSS pesa sólo una tercera parte de su equivalente en hormigón, los costes de transporte son razonables y su instalación en lugares aislados o difíciles es mucho más sencilla. Aunque más ligero, el GRP tiene mayor durabilidad que el hormigón o el acero y soporta impactos considerables, un aspecto importante para la UniPack-G CSS transportada a la Isla Mina Abdullah.

El diseño de la UniPack-G se ha probado según las normas de seguridad más exigentes GB (Guobiao, China) y la CEI. Además, el diseño estándar de la UniPack-G, que también es retardante del fuego, ha pasado la prueba de clasificación de arco interno (IAC), que asegura que dispone del nivel más alto de seguridad para el público y el personal que la maneja.

—
Como la UniPack-G CSS está construida con GRP, incluidas la cubierta y las puertas, el mantenimiento y, por tanto, el coste de propiedad es reducido.

Combatir el calor

Un problema ambiental importante de la ubicación de Mina Abdulla Island es la elevada temperatura ambiente y la intensa luz solar. El diseño de doble capa de la UniPack-G asegura que la temperatura

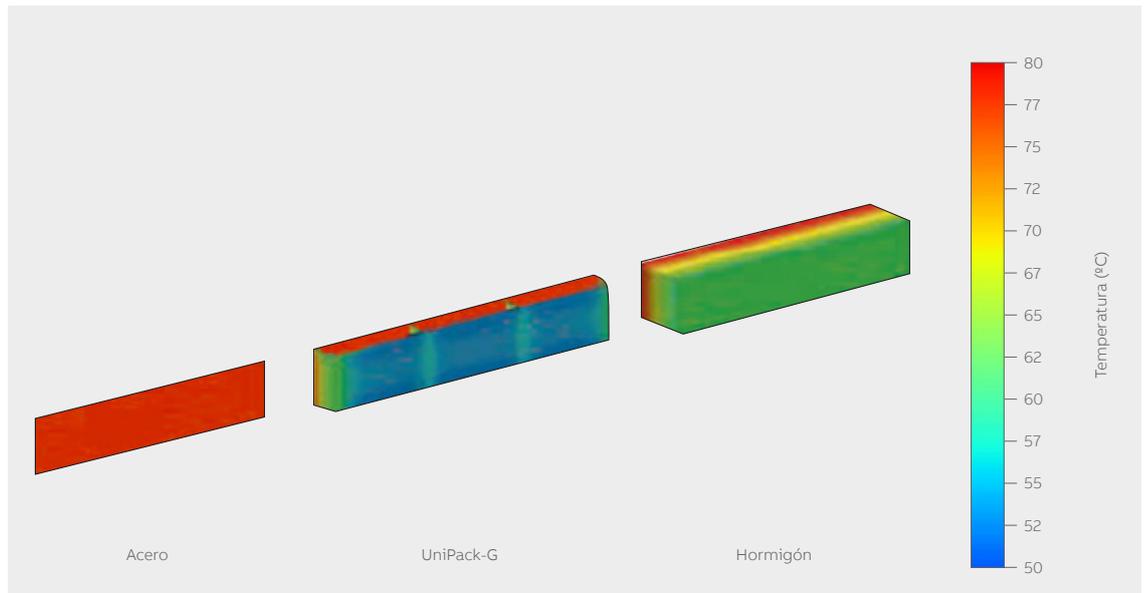
ambiente no afectará al equipo interior. →3 ilustra el alto nivel de aislamiento que proporciona la UniPack-G de ABB. La primera imagen muestra la pared interna de una carcasa típica de acero bajo la insolación intensa que recibe la Mina Abdulla Island. La elevada temperatura interior afectaría al comportamiento de los equipos, que deberían trabajar a un rendimiento menor.

La segunda imagen muestra las ventajas del aislamiento de doble capa de la UniPack-G: exterior al calor del sol (rojo), interior frío (azul). Mantener la temperatura interior en todas las condiciones exteriores es una cualidad propia de la doble capa de la UniPack-G que forma parte de todas las soluciones estándar. Esta estabilidad de la temperatura elimina asimismo la dilatación y la contracción y los esfuerzos mecánicos correspondientes propios de las construcciones de acero y hormigón.



—
02 Contenedor de la UniPack-G CSS.

—
03 La UniPack-G (imagen central) frena la entrada de calor mucho mejor que el acero (izquierda) o el hormigón (derecha).



03

La tercera imagen representa una pared de hormigón, más gruesa, y el color verde indica que el interior está más caliente que en la UniPack-G.

Bajo mantenimiento

Como la UniPack-G CSS está construida con GRP, incluidas la cubierta y las puertas, el mantenimiento y, por tanto, el coste de propiedad es reducido. Su protección de doble capa, que le proporciona características térmicas y rigidez de primera clase, no necesita ninguna otra estructura de sostén. Esta simplificación elimina puntos de acceso a la corrosión y estabiliza el ambiente interior frente a las difíciles condiciones climáticas de Mina Abdulla Island. El material de construcción GRP hace también innecesario el repintado.

La flexibilidad de la UniPack-G la convierte en la protección ideal, no sólo para Mina Abdulla Island, sino también para toda la cartera de productos de red inteligente de ABB que incluyen supervisión, control, medición y protección.

La UniPack-G de ABB ha sido bien recibida en este proyecto piloto de la KNPC – terminado y entregado a mediados de 2016 – y parece muy probable

—
La flexibilidad de la UniPack-G la convierte en la protección ideal para toda la cartera de productos de red inteligente de ABB, que incluyen supervisión, control, medición y protección.

que el producto se convierta en una solución estándar para la KNPC y para otros clientes que necesiten proteger productos de redes inteligentes frente a condiciones ambientales desfavorables. ●



Ingenio en el trabajo



n



36

En ABB hay una relación directa entre la predisposición para el rendimiento extremo y la iteración continua necesaria para maximizar la capacidad y la fiabilidad en las actividades diarias. La satisfacción de las necesidades actuales de los clientes conforma la plataforma sobre la que construir éxitos futuros y afrontar retos nuevos.

- 28 Desarrollo de la automatización industrial
- 36 Asset Health Center para AEP
- 42 Convertidor modular multinivel



28

INGENIO EN EL TRABAJO

Impulso a la automatización industrial con prácticas de ingeniería de software

Para maximizar las mejoras de coste y calidad, ABB considera que los sistemas de automatización industrial deben incorporar las mejores prácticas de ingeniería de software al desarrollo de aplicaciones. Esto exige adaptar o desarrollar el conjunto de herramientas y metodologías adecuado para atender las necesidades únicas del dominio de la automatización. ABB ha evaluado diversas prácticas de ingeniería de software y sugiere posibles adaptaciones de estos métodos para mejorar la ingeniería de automatización.



Raoul Jetley
ABB Corporate Research
Bangalore, India
raoul.jetley@in.abb.com

La ingeniería de automatización utiliza actividades de software como lógica de aplicaciones, bibliotecas e interfaces hombre-máquina. Como el ciclo de vida del desarrollo de la automatización (HMI, AADLC) es por su naturaleza privado, no suele ser compatible con las herramientas de software de uso común, basadas en lenguajes de programación como C/C++, Java, etc. La ingeniería de automatización, por otro lado, emplea lenguajes de específicos del dominio (por ejemplo, IEC 61131-3) [1]. ABB trata de combinar la tecnología de automatización con los avances de la ingeniería de software para cubrir las futuras necesidades de los clientes.

Algunas de las mejores prácticas de desarrollo de software incluyen métodos de obtención de requisitos, análisis estático de códigos, cálculo de medidas de códigos, análisis de impacto, automatización de pruebas y gestión de versiones.

—
El ciclo de vida de desarrollo de la automatización (AADLC) es privado, y no suele ser compatible con las herramientas de software de uso común.

La incorporación acertada de estas prácticas de ingeniería de software mediante el desarrollo o la adaptación a herramientas y metodologías de ingeniería de automatización industrial mejoraría la explotación de avances como los SCD en la ingeniería de automatización industrial →1. A primera vista, parece una tarea fácil.

Pero la heterogeneidad de tecnologías, terminologías y herramientas de los sistemas industriales, incluida la diversidad de los equipos de ingeniería especializados, impone dificultades que abordan los científicos de ABB.



01

—
01 Técnicos y administradores pueden utilizar aplicaciones de software comunes para aumentar el rendimiento.

Adaptación de técnicas de obtención de requisitos

Los requisitos para aplicaciones industriales se presentan en diversos formatos:

- Listas de E/S que especifican etiquetas de entrada y salida.
- Matrices de causa y efecto (CEM) que indican las relaciones entre señales de entrada y salidas del controlador.
- Diagramas de conducciones e instrumentación (PI&D) que describen cómo están conectados los dispositivos y actuadores.
- Descripciones de control en lenguaje natural que indican el comportamiento funcional de los algoritmos de control y los elementos de control de la planta

De estos requisitos, los tres primeros son exigentes pero sencillos de normalizar y formalizar →2. ABB, junto con investigadores de la Helmut Schmidt University, ha investigado métodos de extracción de descripciones orientadas a objetos de los PI&D [2].

Normalizar y formalizar las descripciones de control de la automatización exige mucho trabajo →2. Los modelos estándar de ingeniería de software emplean diagramas de estado y de flujo (LSC) que dan paso a técnicas de modelización avanzada, verificación y validación y otras funciones. La estructura de los modelos, basada en el estado o en modelos jerárquicos de comunicación central, puede dejar fuera a los técnicos especializados que se encuentran cómodos con modelos clásicos basados en funciones. Además, la notación formal empleada puede ser demasiado compleja para que la entiendan completamente los técnicos de automatización. La adaptación de los LSC y los diagramas de estado no es por tanto el mejor punto de partida [3]. Los SCD, definidos en la norma NORSOK I-005, describen la función de control en automatización y ofrecen un mejor punto de partida para la normalización y formalización de documentos de requisitos.

Un mayor desarrollo de la capacidad de la función de control asegurará la interrelación con las listas de E/S, los CEM y los P&ID. Además, pueden crearse herramientas para generar modelos formales, como diagramas de estado y/o LSC, que mejoren la eficiencia y reduzcan los costes.

Los SCD, definidos en la norma Norsok I-005, son un punto de partida para la normalización y formalización de documentos de requisitos.

Herramientas de análisis estático de código

El análisis estático de código se utiliza mucho en ingeniería de software para detectar errores de ejecución y asegurar el cumplimiento de las reglas de seguridad y las mejores prácticas. Son técnicas estándar las siguientes:

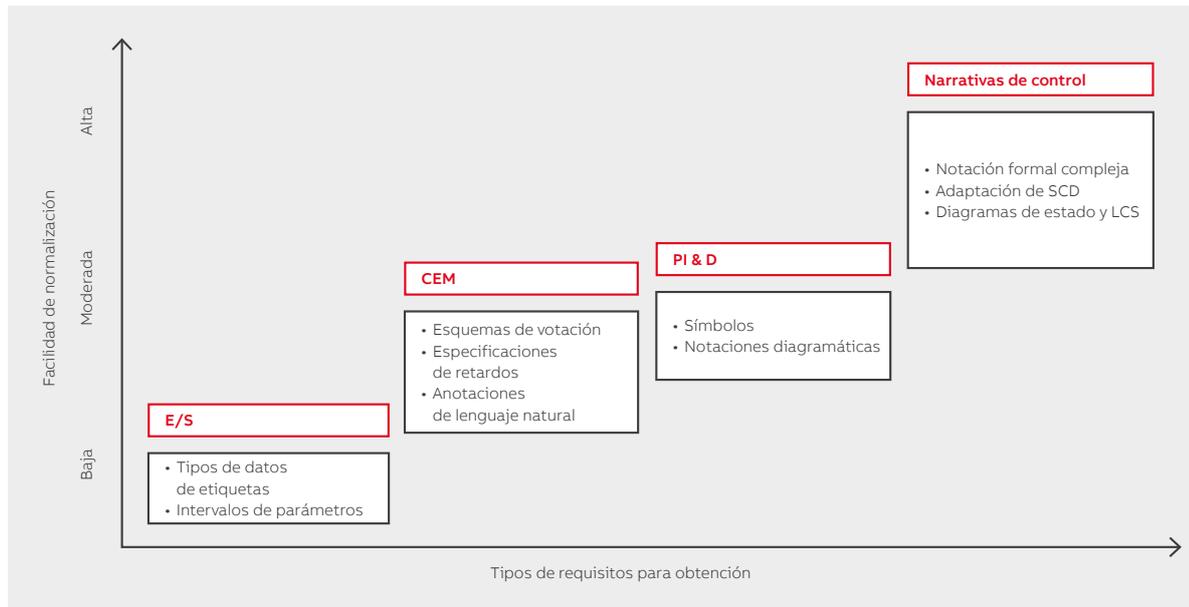
- Coincidencia de patrones, que utiliza códigos anti-patrón para identificar estructuras inseguras en el programa.
- Ejecución simbólica, que rastrea valores simbólicos de variables para justificar todas las posibles vías del programa.
- Análisis de flujo del programa, que establece ecuaciones de flujo de datos para cada nodo del diagrama de flujo de control. Se obtienen soluciones calculando la salida a partir de la entrada de cada nodo.
- Análisis basado en restricciones, que deduce relaciones en el programa y después utiliza un solucionador de restricciones para calcular una solución para éstas.

Estas técnicas no se aplican con carácter general en la ingeniería de automatización. En su lugar, la automatización se basa en pruebas para detectar errores, que suelen realizarse tras la fase de desarrollo, durante las pruebas de aceptación en fábrica (FAT) y en el emplazamiento (SAT). Estos procedimientos son costosos y pueden dejar errores latentes o no detectados y causar fallos de la aplicación tras la puesta en servicio.

La adaptación de métodos normalizados de análisis estático al software para sistemas industriales podría avanzar hacia la solución. El análisis estático del código podría asegurar la corrección y seguridad del software. Pero la técnica tiene inconvenientes como generación de falsos positivos, explosión de estados [4] y limitación de patrones coincidentes para detectar ciertos errores durante la ejecución. Hay que abordarlos para conseguir una mayor aceptación de la técnica en la industria.

Se ha trabajado para mejorar la verificación y garantizar la seguridad de las aplicaciones de control [5]. Algunas herramientas de análisis estático detectan infracciones de codificación para todos los lenguajes IEC 61131-3, pero están limitadas a la norma de base y no son fáciles de ampliar [6]. Para tener más presencia en la ingeniería de automatización, una herramienta de análisis estático debe acceder a las representaciones internas del programa de la aplicación (que varía entre plataformas) para comprender el modelo de ejecución del lenguaje de programación y hacerlo útil para organizaciones del cliente de ABB caracterizadas por equipos diversos de ingeniería de aplicaciones. Otro obstáculo no resuelto es la ausencia de normas de codificación universalmente aceptadas para los lenguajes industriales. Las directrices de la IEC 61131-3 son un punto de partida para la normalización. El desarrollo de herramientas de detección de infracciones de la codificación entre normas y estilos sería muy útil. En definitiva, en un escenario industrial las herramientas de análisis estático deben equilibrar falsos positivos con falsos negativos y rendimiento para que los resultados sean aplicables al uso diario.

—
02 Representación de la facilidad de normalización de formatos comunes de obtención de requisitos y las dificultades principales.



02

Adaptación de medidas de tamaño y complejidad

Normalmente, las medidas de tamaño y complejidad del software se emplean para estimar costes y esfuerzos, asignar personal, mantenimiento y

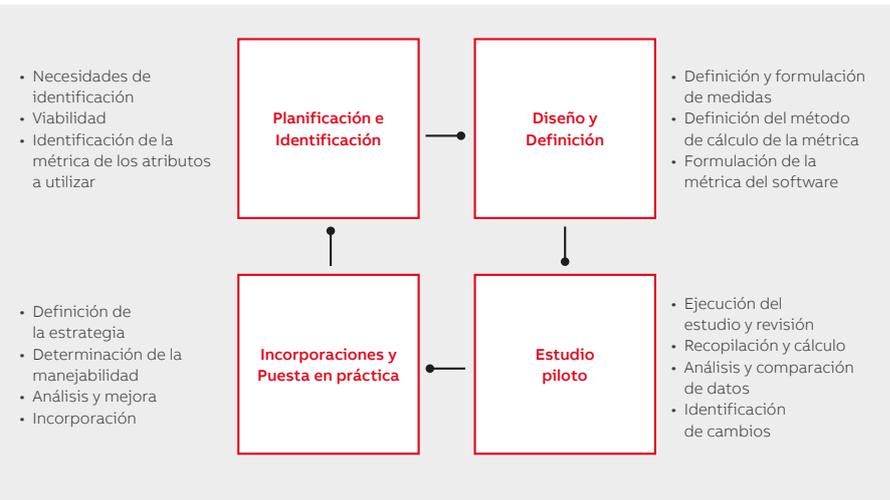
—
El sector de la automatización aplica pruebas costosas para detectar errores que puedan causar el fallo de la aplicación ya instalada.

verificación y evaluación de programas y desarrolladores. ABB trata de desarrollar mediciones en ingeniería de automatización para dar a los directores de programas las herramientas que precisan. A menudo, las decisiones en proyectos de automatización se basan en la experiencia de personas clave que participan en ellos. El desarrollo de mediciones con capacidad de gestión mejoraría la eficiencia y el coste, pero se recibe con recelo. Convencer a los técnicos de automatización de la necesidad de mediciones es un primer paso necesario. Un ejemplo de ABB es proporcionar a los desarrolladores una forma de estimar el esfuerzo, como el recuento de E/S, para llegar a una cifra que lo represente →3a [7]. Con una forma de medir el

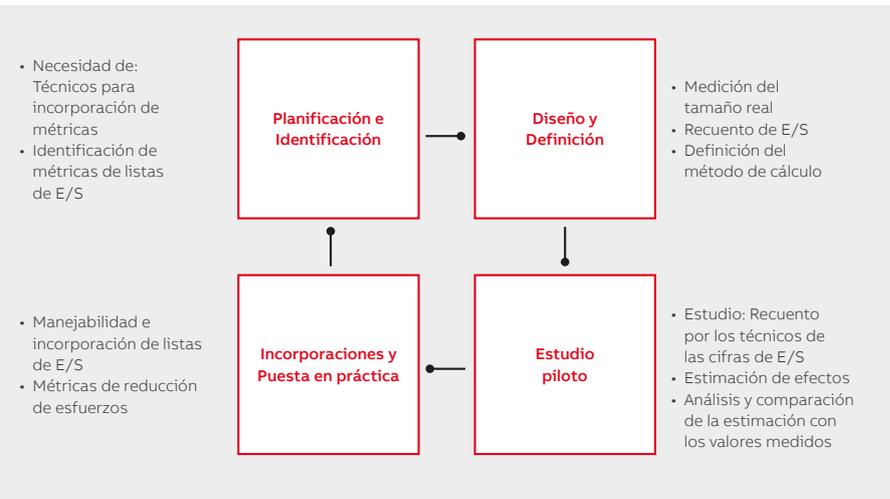
tamaño real del código desarrollado, los técnicos pueden comparar el esfuerzo estimado con el real. La repetición del procedimiento permite crear y aplicar factores de corrección. El resultado es una reducción del esfuerzo estimado y real a lo largo del tiempo que indicaría a los técnicos de automatización las ventajas de utilizar mediciones →3b.

El paso siguiente es adaptar las prácticas de medición del tamaño y la complejidad para crear normas de automatización industrial. Como los lenguajes industriales se componen de texto y gráficos, no es un buen método calcular el tamaño del programa por las líneas de código (LOC). Cuando se programa en lenguajes IEC 61131-3, los desarrolladores dedican tiempo a la asignación de E/S y cosas similares que afectan a la complejidad del desarrollo de aplicaciones y la facilidad de mantenimiento.

Por tanto, hace falta crear un esquema de normalización para los distintos elementos de los lenguajes de texto y gráficos. Tiene sentido utilizar las Unidades de Organización del Programa (POU) definidas en la IEC 61131-3 como base para la definición de mediciones de tamaño en aplicaciones de automatización industrial.



03a



03b

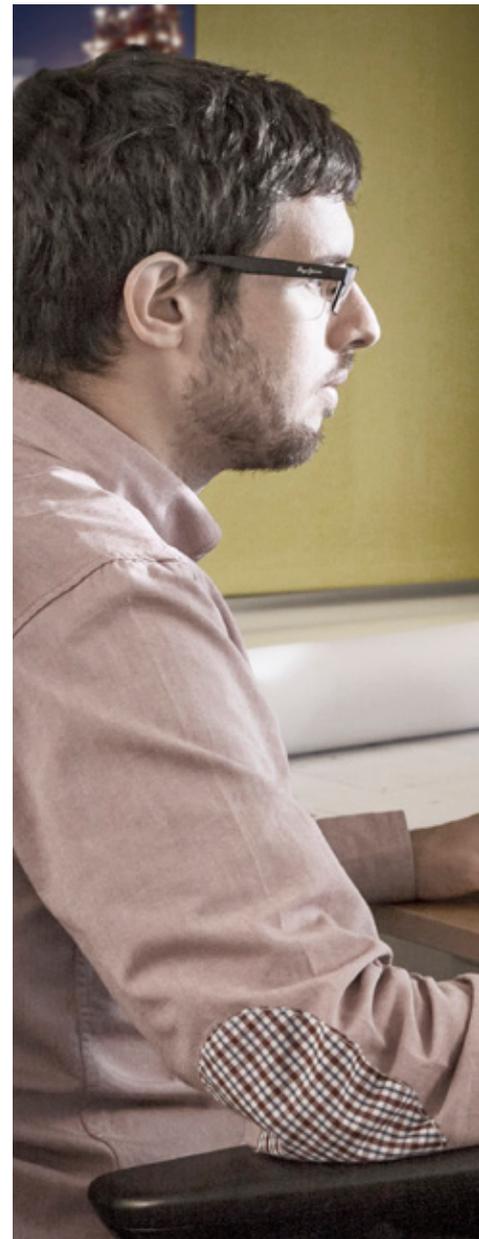
Pueden emplearse otras variables para medir la facilidad de comprensión y la mantenibilidad de la aplicación. La complejidad cognitiva, por ejemplo, puede usarse para determinar la facilidad de comprensión y asimilación de una POU, y la complejidad de prueba para determinar todos los fallos de control de cada ruta de ejecución de la aplicación. También sería beneficiosa una herramienta que captara mediciones del programa y las entregara al desarrollador →4. Una vez obtenidos resultados piloto con estas mediciones, se podrían desarrollar otras que condujeran a beneficios importantes.

Métodos y recomendaciones para análisis de impacto

El análisis predictivo es cada vez más importante en la automatización industrial [8]. La modificación de un componente de un programa de aplicación de control puede afectar a otras partes de las aplicaciones con consecuencias críticas.

El desarrollo de mediciones con capacidad de gestión mejora la eficiencia y los costes.

Los técnicos de automatización suelen evaluar manualmente el impacto de los cambios sobre otras partes. La necesidad de analizar automática y visualmente el impacto y las dependencias de estos cambios en la aplicación de control mejoraría la funcionalidad y el coste.



—
03 Se ilustra un método general de medición junto con un ejemplo de un método de medición que emplea una vía de E/S.

—
04 Los técnicos emplean herramientas para captar mediciones del programa y proporcionar parámetros.

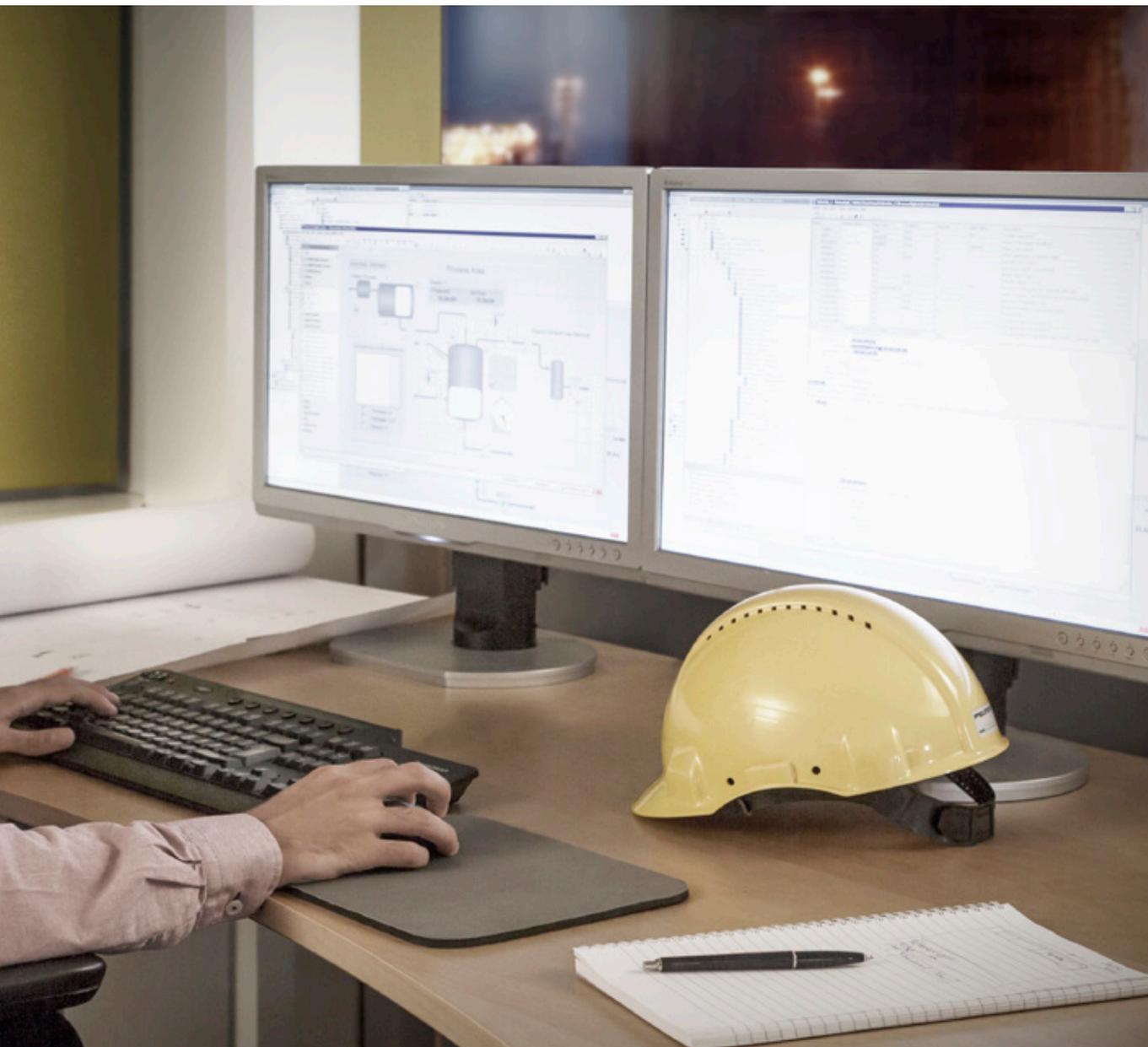
Hay varias formas de analizar el impacto de los cambios en el software. Se han empleado en áreas como sistemas integrados y aplicaciones distribuidas, pero todavía no se han aplicado a la ingeniería de automatización. Una dificultad importante es que los lenguajes especializados empleados en automatización tienen dependencias estrechas con aspectos como el hardware, las bibliotecas de interfaz hombre-máquina (HMI) y los componentes de E/S. Son dependencias complejas pero esenciales que deben tenerse en cuenta al calcular el efecto de los cambios.

Así, un técnico de aplicación de control podría desear identificar el impacto y las consecuencias de un cambio en la lógica de la aplicación (la lógica de control se escribe para parametrizar objetos de grandes plantas y aplicar la lógica de secuencias a actividades como la producción por lotes) para reducir el riesgo de perturbaciones por cambios imprevistos →5. El cambio puede detectarse analizando las dependencias en la aplicación entre las diversas POU y dentro de

ellas. La segmentación de programas, empleada para calcular las dependencias del flujo de control y datos, se podría aplicar a todos los componentes modificados en toda la aplicación. El resultado

—
Otra forma de mejorar la eficiencia, especialmente en pruebas de software, es automatizar las pruebas de regresión.

sería una mejor eficiencia de la ingeniería en el desarrollo, la prueba y el mantenimiento de las aplicaciones gracias a la reducción de errores y, por tanto, de costes, una ventaja para los clientes de ABB.





05

Dificultades y soluciones de la automatización de pruebas

Otra forma de mejorar la eficiencia, especialmente durante pruebas de software, es automatizar las pruebas. Si bien ciertas organizaciones han empezado a emplear guiones automáticos para ejecutar

—
 Mejorar las prácticas de gestión de versiones afectaría positivamente a la eficiencia técnica, los costes del proyecto y los tiempos de respuesta automatizando el proceso de seguimiento de cambios en lenguajes de texto y gráficos.

casos de prueba (en especial para bibliotecas), las pruebas automáticas no se usan mucho en ingeniería. La generación de casos de prueba y las pruebas de caso de uso siguen siendo procesos muy laboriosos.

La automatización de pruebas puede ser especialmente rentable cuando se usa de forma repetitiva en pruebas de regresión. El objetivo de este tipo de pruebas es asegurar que un código nuevo o modificado no altera la funcionalidad actual. En vez de ejecutar manualmente cada caso de prueba, este proceso se automatiza para reducir el esfuerzo de prueba de la aplicación. Las pruebas de regresión se pueden combinar con el análisis de impacto para ensayar solo las partes de la aplicación modificadas o que puedan verse afectadas por la modificación.

Pueden usarse bancos de pruebas de simulación durante los ensayos de integración (y funcionales) para descubrir posibles problemas antes de instalar la aplicación en el emplazamiento del cliente (para FAT/SAT). Las pruebas de simulación permiten a los técnicos ensayar las propiedades del sistema contra un modelo o un duplicado digital. Estas pruebas basadas en las propiedades son más costosas, pero aportan garantías de comportamiento mucho más sólidas.

Finalmente, para asegurar un proceso de prueba exhaustivo, se pueden determinar automáticamente los casos de prueba a partir de las aplicaciones implementadas. Se pueden usar criterios de cobertura para asegurar que se van a probar todas las posibles vías de ejecución del software para los casos de prueba definidos. En vez de que los técnicos creen manualmente casos de prueba para verificar los escenarios posibles, esta técnica puede asegurar que la sucesión de pruebas generada cubre distintos estados del programa, y aumentar así la confianza en el proceso de prueba.

Mejoras de la gestión de versiones

La mejora en las prácticas de gestión de versiones puede afectar positivamente a la eficiencia técnica, los costes del proyecto y los tiempos de respuesta automatizando el seguimiento de los cambios en lenguajes de texto y gráficos eliminando los costosos errores de los métodos manuales.

— 05 Mediciones de código para un ejemplo de aplicación de sistemas de control.

— 06 Ilustración del cálculo de la diferencia entre dos programas gráficos.

Referencias

[1] Programmable controllers: part 3 programming languages, IEC 61131-3, 2013.

[2] Arroyo, E., Royston, S. Fay, A. Heornicke, M. and P. Rodriguez, From Paper to Digital. ABB Review Journal no. 1, p. 65, 2016.

[3] D. Harel, "Statecharts: A visual formalism for Complex Systems" Science of Computer Programming, vol. 8 no. 3 p. 45. 1987.

[4] O., Pavlovic, and H.D. Ehrich, "Model Checking PLC Software Written in Function Block Diagram," in Proceedings of the 2010 third International Conference on Software Testing Verification and Validation. Paris, France: IEEE Computer Society, p. 439, 2010.

[5] J.O. Blech., and S.O. Biha, "Verification of PLC properties based on formal semantics in Coq", in Proceedings of the 9th International Conference on Software engineering and formal methods, SEFM'11. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, p. 58, 2011.

[6] CoDeSys Static Analysis 3.5.2.0. CoDeSys Professional Developer Edition," 2013.

[7] A. Nair, "Product Metrics for IEC 61131-3 languages," IECC Conference on Engineering technologies and Factory Automation (ETFA 2012), Sept. 2012.

[8] D. Biros "Are You on track how Predictive Notification keeps production on track," ABB White Paper, p. 18, 2015.

Hay que crear herramientas que permitan a los desarrolladores comparar visualmente versiones y muestren cambios en los lenguajes gráficos. Un sistema útil presenta y mantiene una lista de todos los cambios en dos versiones de un programa escrito en cualquiera de los cinco lenguajes IEC 61131-3 empleados en automatización industrial →6.

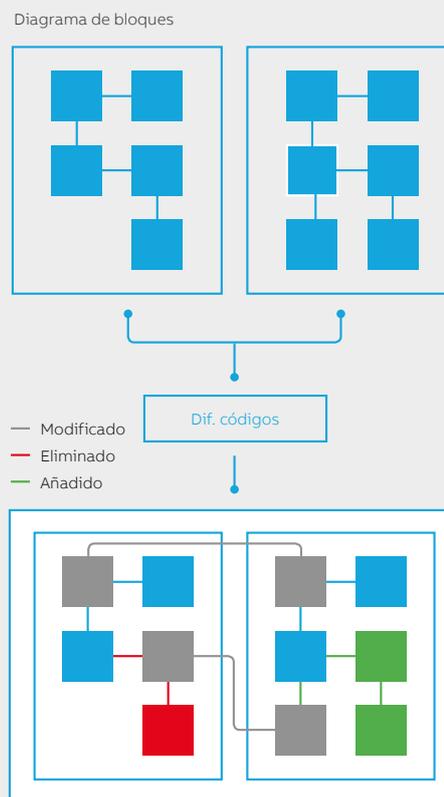
ABB reconoce los problemas, las dificultades y cómo desarrollar o adaptar las prácticas de software al dominio exclusivo de la automatización.

Hay herramientas para comparaciones basadas en texto y detección de cambios, y se pueden aplicar directamente. Para programas gráficos de la IEC 61131-3, como los que emplean diagramas de bloques de funciones y notación de diagramas de flujo de secuencias, se puede utilizar una notación XML equivalente para comparar elementos o componentes y mantener las distintas versiones.

Para especificaciones de aplicaciones de control, el hardware y los módulos de E/S pueden influir en el comportamiento del software, lo que obliga a crear una herramienta de control de versiones para evaluar el impacto de los cambios de programa en los módulos de hardware y bibliotecas. Se pueden mantener versiones de toda la instalación del sistema.

La naturaleza privada de la ingeniería de automatización dificulta la investigación y la creación de herramientas y técnicas mediante ingeniería de software con lenguajes de uso general. No obstante, se pueden evaluar las mejores prácticas de ingeniería de software y adaptar y aplicar herramientas y técnicas a la automatización industrial. ABB reconoce los problemas, las dificultades y cómo desarrollar o adaptar las prácticas de software al dominio exclusivo de la automatización. La incorporación con éxito de estas mejores prácticas de ingeniería de software requiere un esfuerzo conjunto de los investigadores y profesionales de ABB. ●

06



Cambios en los códigos destacados en la figura según la versión de una Función

INGENIO EN EL TRABAJO

Asset Health Center ayuda a AEP

American Electric Power (AEP) tuvo que afrontar los problemas derivados de su obsoleta infraestructura de transporte. AEP decidió colaborar con ABB para integrar los datos de la infraestructura y los sistemas existentes, que, junto con los algoritmos, transformarían los datos de explotación en información útil para la toma de decisiones.



Gerhard Salge
ABB Power Grids
Zúrich, Suiza

gerhard.salge@ch.abb.com

AEP es una compañía eléctrica integrada que posee el mayor sistema de transporte de electricidad de los Estados Unidos. Opera en 11 estados y cuenta con alrededor de 5,4 millones de clientes en todo el país, con más de 64 000 km de líneas de transporte y 360 000 km de distribución. Pero los equipos de AEP empezaban a quedarse anticuados; un tercio de sus transformadores de transporte tenía más de 50 años y otro 18 por ciento, más de 60. Priorizar y agilizar las actividades de renovación y mantenimiento de los recursos conservando a la vez la excelencia del servicio, era de vital importancia.

Una visión detallada del estado de los recursos permite decidir cuáles necesitan mantenimiento urgente, cuáles pueden esperar y cuáles deben sustituirse y cuándo.

Las preguntas que AEP se planteó giraban en torno a cuestiones como la prevención de fallos y la optimización del mantenimiento. Son problemas que afectan a todas las compañías eléctricas →1.

AEP se percató de que una visión detallada del estado de los recursos permite decidir cuáles necesitan mantenimiento urgente, cuáles pueden esperar y cuáles deben sustituirse y cuándo.

La compañía decidió abordar el asunto creando la alianza AEP-ABB Transmission Technology. De este modo, AEP ratificó su firme compromiso de garantizar la fiabilidad de su infraestructura de transporte priorizando correctamente las actividades de mantenimiento y abordando la sustitución de sus recursos más antiguos. Para alcanzar estos objetivos, AEP decidió crear un centro de mantenimiento de recursos.

—
01 El seguimiento de la antigüedad, el estado y el mantenimiento de los recursos es vital para todas las empresas eléctricas.



01

Un centro de mantenimiento de recursos permite organizar y priorizar los datos que ayudan al personal de mantenimiento sobre el terreno y a los operarios de las salas de control a tomar decisiones sin abrumarlos bajo una montaña de datos innecesarios o irrelevantes.

—
Una función clave de un centro de mantenimiento de recursos es valorar continuamente su estado y adoptar medidas cuando sea necesario, antes de que se produzca un fallo.

Una función clave de un centro de mantenimiento de recursos es valorar continuamente su estado y adoptar medidas cuando sea necesario, antes de que se produzca un fallo.

Conociendo su experiencia en el diseño y la implantación de sistemas que equilibran tecnologías de explotación y de información, AEP se decantó por ABB para desarrollar dicho centro estratégico e innovador. Un aspecto importante a tener en cuenta en este proyecto, y en otros similares en gran parte del sector, es el ingente volumen de datos recopilados sobre el terreno por sensores inteligentes →2.

ABB ocupa una posición privilegiada para fusionar estos flujos prácticos y útiles de datos y crear un sistema que integre todas las tecnologías en cuestión.

La solución del centro de mantenimiento de recursos ofrecida por ABB a AEP no solo brinda un marco de trabajo para la recopilación de datos, sino también modelos de sistemas expertos que recomiendan tareas a corto y largo plazo, priorizadas por urgencia →3. Estas capacidades son esenciales para tomar decisiones efectivas en términos de activos.

—

El centro de mantenimiento de recursos incluye modelos de sistemas expertos que recomiendan tareas a corto y largo plazo, priorizadas por urgencia.

Las expectativas de AEP eran materializar las valiosas ventajas que la automatización del conocimiento del estado de los recursos tiene para la explotación y el mantenimiento al objeto de identificar los recursos que requieren mantenimiento o sustitución →4. AEP ya ha documentado beneficios de explotación y mantenimiento y señalado

fallos de transformadores que se han evitado. AEP ha abierto camino y ha comprobado que un centro de mantenimiento de recursos es un ejemplo de innovación técnica en el que se recopilan datos de la red históricos y en tiempo real y se convierten en información significativa y oportuna. AEP inició este viaje con los transformadores y, al comprobar las ventajas de la optimización del mantenimiento y la reducción de fallos de esos recursos, amplió el ejercicio para incluir otros recursos, como los disyuntores. La visión a largo plazo de AEP es adentrarse en su cartera de activos para incluir todos los recursos importantes en el centro de mantenimiento de recursos.

ABB sigue mejorando su tecnología de centros de mantenimiento de recursos y recientemente ha lanzado una solución de nueva generación.

02





03

— 02 CoreSense™ de ABB es un ejemplo de cómo se recopilan y utilizan los datos para mantener el buen estado de los recursos. La supervisión online continua del transformador proporcionada por CoreSense avisa con tiempo de casi todos los fallos incipientes.

— 03 El centro de mantenimiento de recursos de ABB recomienda medidas priorizadas por urgencia.

Solución de gestión de recursos de nueva generación para mejorar la eficiencia y optimizar los costes

En julio de 2017, ABB lanzó su solución de gestión del rendimiento de los recursos (APM) de nueva generación: ABB Ability™ Asset Health Center. Esta solución basada en el software más moderno permite a los sectores que emplean muchos recursos mejorar la eficiencia y optimizar costes combinando la oferta de APM de ABB con la plataforma en la nube Microsoft Azure.

Asset Health Center de ABB, líder del sector, proporciona análisis predictivos y prescriptivos y modelos personalizados que incorporan décadas de especialización para identificar y priorizar necesidades de mantenimiento basándose en la probabilidad de fallos y la criticidad de los recursos. Estos modelos no solo identifican estados de degradación, riesgos y su importancia relativa, sino que además proporcionan recomendaciones expertas y priorizan medidas de resolución, análisis y mitigación.

Asset Health Center es un componente clave de la solución Connected Asset Lifecycle Management de ABB, que aporta una solución integral para la gestión completa del ciclo de vida útil de los recursos →5. Ahora se ofrece en forma de software

— **ABB Ability Asset Health Center permite a los sectores ricos en activos mejorar la eficiencia y optimizar los costes combinando la oferta de APM de ABB con la plataforma Microsoft Azure.**

como servicio (SaaS), y la implementación en la plataforma Azure simplifica y agiliza la ejecución. Además, se han mejorado las funciones de visualización y análisis y ahora es posible una integración más sencilla de los modelos predictivos utilizando, por ejemplo, Cortana Intelligence.

Combinando la especialización integrada en las tecnologías basadas en software de ABB con el ámbito global de la plataforma Microsoft Azure es posible ofrecer una potente solución que ayuda a las empresas de servicios a obtener información nueva y agilizar el proceso de toma de decisiones para aprovechar oportunidades de crecimiento. Asset Health Center en Microsoft Azure permite a los clientes aprovechar la potencia de Azure IoT Suite y Cortana Intelligence Suite para mejorar las

La función de seguimiento de problemas de Asset Health Center garantiza la resolución o mitigación fiables de los riesgos identificados.

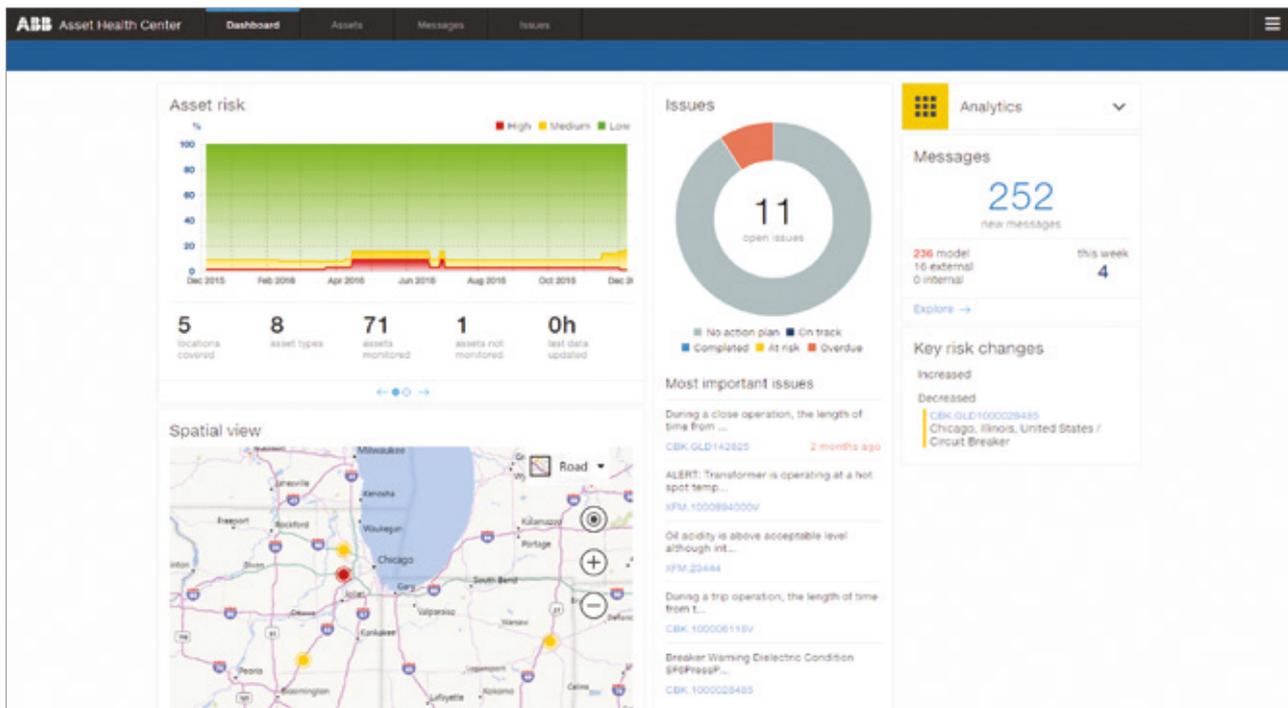
aplicaciones empresariales con inteligencia artificial. De este modo, el usuario puede evolucionar desde el análisis descriptivo sencillo a recomendaciones analíticas prescriptivas, lo que facilita la optimización de inversiones basada en el riesgo según las normas ISO 55000 y PAS55.

La función de seguimiento de problemas de Asset Health Center garantiza la resolución o mitigación fiables de los riesgos identificados. Pueden habilitarse opciones de alertas y supervisión para mantenerse informado del estado de estos riesgos y garantizar su correcta resolución. Asset Health Center señala los recursos clave que están en riesgo, notifica la ejecución de medidas importantes en el sistema de gestión de recursos de la empresa (EAM) y proporciona otras herramientas para garantizar la pronta resolución de los riesgos identificados antes de que estos se materialicen.

Además de identificar y resolver problemas mediante el análisis predictivo de los recursos, las empresas de servicios también deben programar numerosas obligaciones diarias, como inspecciones reglamentarias y tareas de mantenimiento menores. Casi todas estas empresas acumulan más tareas de las que sus recursos pueden gestionar a corto plazo. Asset Health Center recopila todos los trabajos pendientes y, utilizando otro algoritmo, sugiere un programa de mantenimiento optimizado para el riesgo.

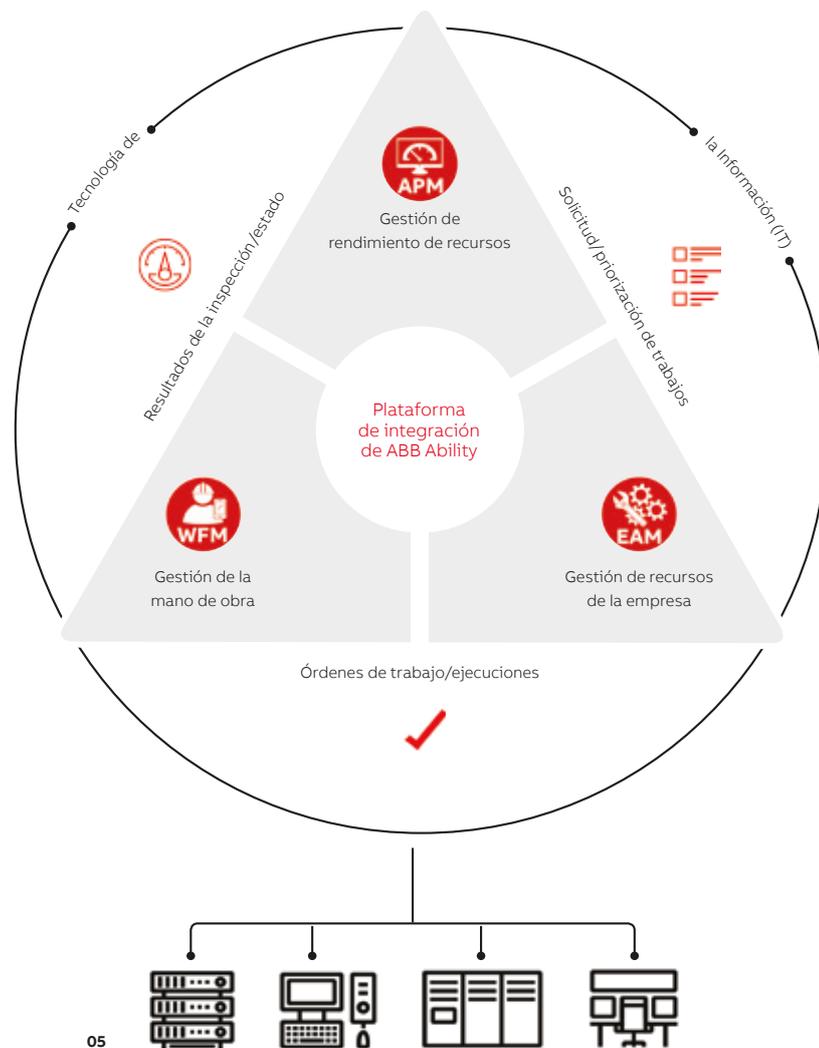
Asset Health Center también es un componente clave del concepto de subestación digital de ABB, que recopila datos del estado para optimizar el rendimiento y mejorar la eficiencia y la rentabilidad de la subestación, reduciendo así a la mitad los períodos de inactividad de transformadores e interruptores.

04



— 04 Las páginas de información de Asset Health Center proporcionan una visión clara del estado de los recursos para minimizar los riesgos.

— 05 Asset Health Center es parte del concepto de gestión integral y conectada del ciclo de vida útil de los recursos de ABB.



Asset Health Center es un ejemplo del modo en que la gama de soluciones digitales ABB Ability conecta a los clientes a la potencia del Internet Industrial de las Cosas (IIoT) y convierte los datos en acciones directas que aportan valor en el mundo material.

— **Asset Health Center emplea análisis predictivos y prescriptivos y modelos personalizados que incorporan décadas de especialización sectorial.**

Asset Health Center puede convertirse en una aplicación empresarial que cumple los requisitos de TI fundamentales, como ciberseguridad, inicio de sesión único e integración normalizada con sistemas de terceros. La aplicación es ampliable, y evoluciona al paso que madura el programa de gestión de recursos del usuario. Dado que Asset Health Center se ejecuta en la plataforma Azure y Cortana Intelligence Suite, el usuario puede añadir extensiones que se mantienen con el conjunto de destrezas disponibles, evitando así la necesidad de formación especializada. ●

ABB Ability Asset Health Center en la plataforma Microsoft Azure o in situ

Asset Health Center puede suministrarse como servicio en la plataforma Azure o instalarse in situ. Su arquitectura ampliable permite al cliente empezar a funcionar en pocas horas para garantizar el rápido retorno de la inversión en proyectos piloto de bajo riesgo.

INGENIO EN EL TRABAJO

Nueva tecnología STATCOM de convertidores modulares multinivel

Los productos STATCOM (compensador estático) de ABB se usan cada vez más en redes eléctricas asediadas por problemas de estabilidad y de otro tipo. Un nuevo miembro acaba de incorporarse a la familia: SVC Light Medium Power (MP), la tecnología de convertidor de fuente de tensión (VSC) basada en convertidores modulares multinivel (MMC).



Bjoern Oedegard
ABB Power Grids,
Grid Integration
Technology & Solutions
Development
Turgi, Suiza

bjoern.oedegard
@ch.abb.com



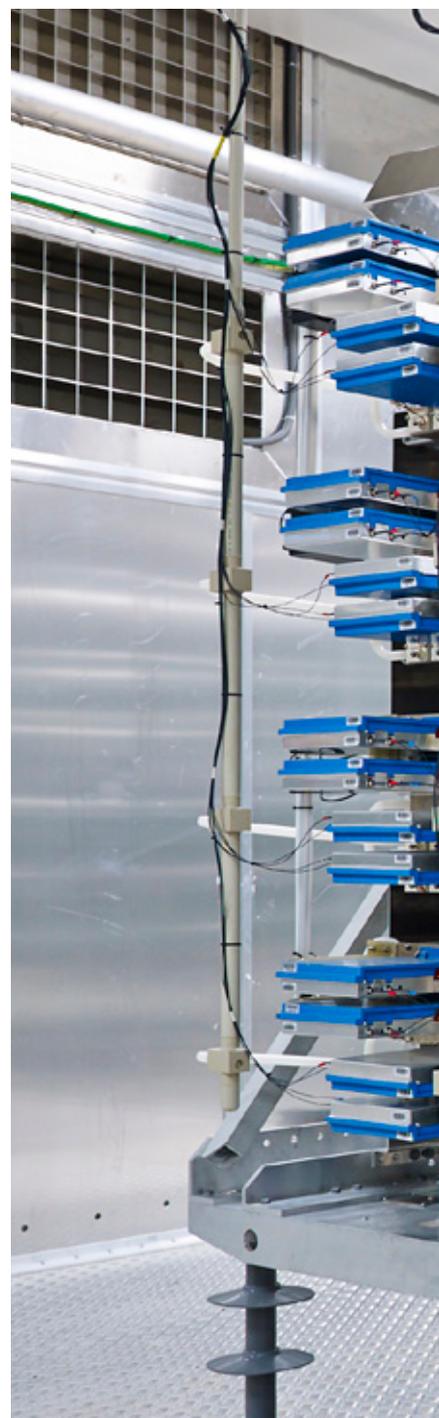
Mauro Monge
ABB Power Grids,
Grid Integration
Västerås, Suecia

mauro.monge
@se.abb.com

La deriva global hacia las renovables está afectando a las actividades de generación, transporte y distribución de electricidad y a las soluciones propuestas. Una parte de este cambio es la transición desde una red centralizada con un flujo de energía unidireccional desde grandes centrales eléctricas hacia otra con los consumidores en una red distribuida y una mezcla de generación centralizada y descentralizada con puntos de consumo aislados y urbanos y un flujo parcialmente bidireccional.

En los últimos años se ha generalizado el uso de MMC en aplicaciones como FACTS y HVDC para sistemas de transporte y distribución.

Un factor añadido es el abandono de la generación síncrona y, por tanto, la reducción de la resistencia al cortocircuito y la inercia de la red eléctrica.



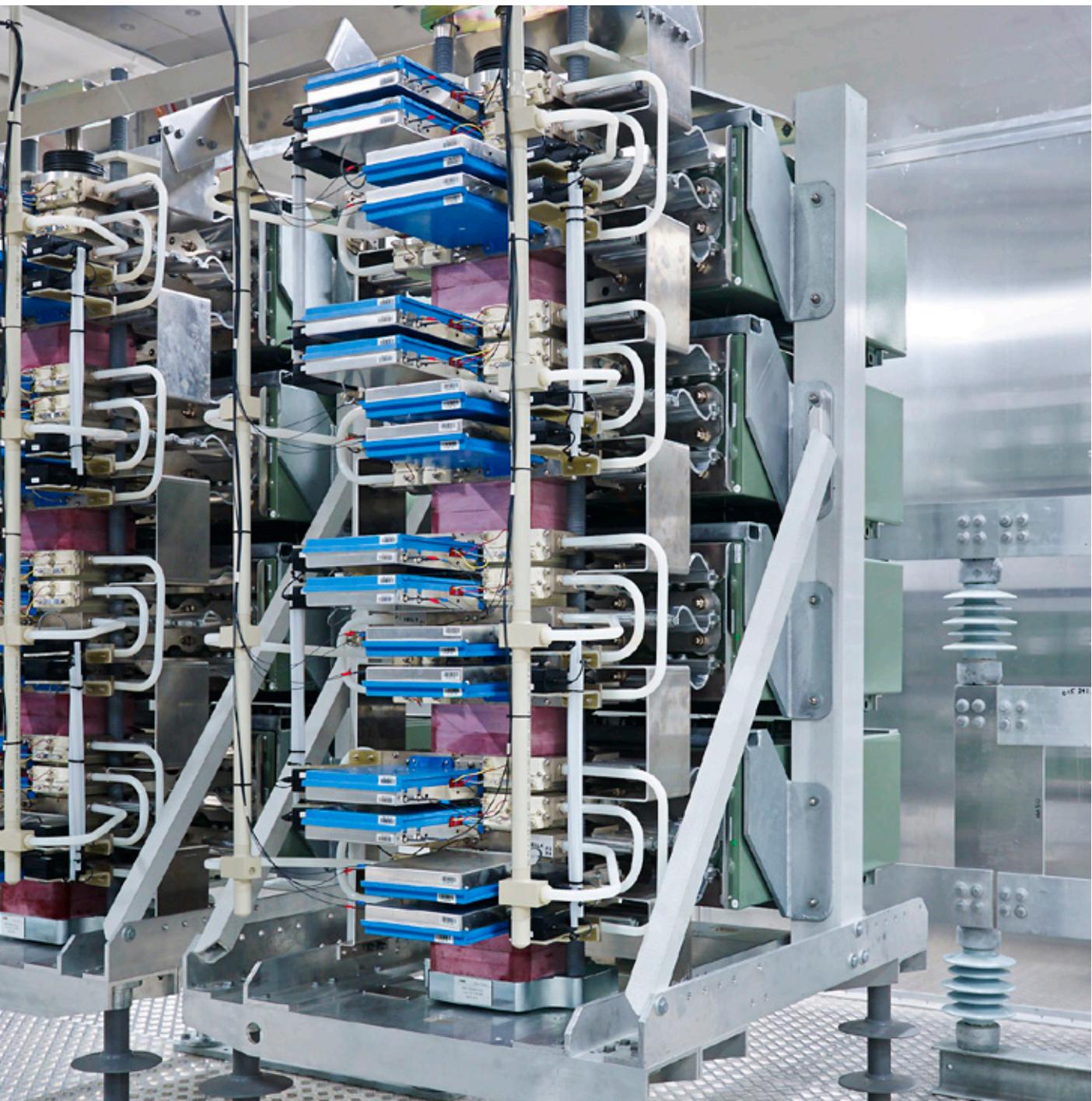
—
01 Solución FACTS
de ABB.

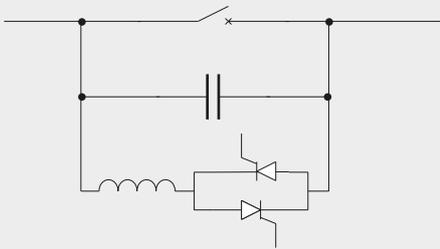
Como consecuencia de esta evolución, la configuración de las redes eléctricas estará cada vez más sometida a cambios dinámicos a los que habrá que dedicar más atención al proyectar el tamaño, el tipo y la ubicación de las instalaciones con los equipos FACTS (sistema de transporte de corriente alterna flexible) que compensan la energía reactiva →1. Esto significa que una cartera amplia y versátil de productos de compensación de la energía reactiva es cada vez más importante para dar soluciones óptimas a los clientes en este panorama eléctrico cambiante.

Estos productos de compensación pueden:

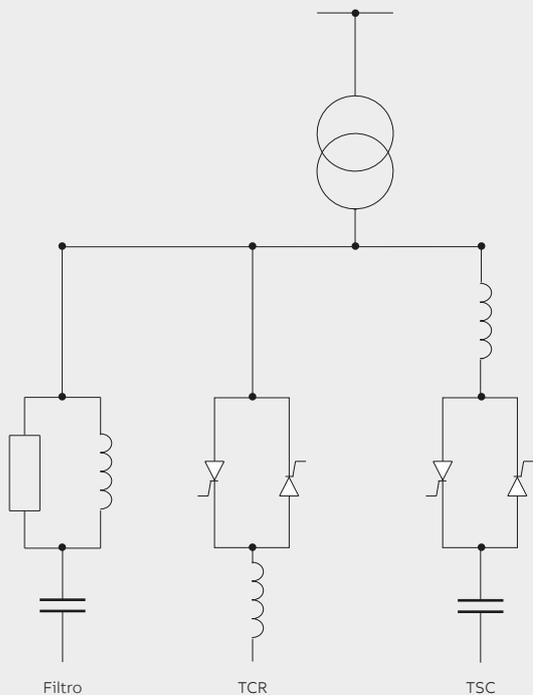
- Mejorar la estabilidad de los sistemas eléctricos y limitar el riesgo de cortes.
- Aumentar la capacidad de transporte de las líneas eléctricas existentes, reduciendo así las necesidades de inversión (CAPEX).
- Asegurar el cumplimiento de los códigos de red cada vez más exigentes, lo que permite, por ejemplo, conectar generación renovable.
- Adaptarse a los cambios dinámicos de la configuración de las redes o la producción industrial mediante simples mejoras de los equipos.

01

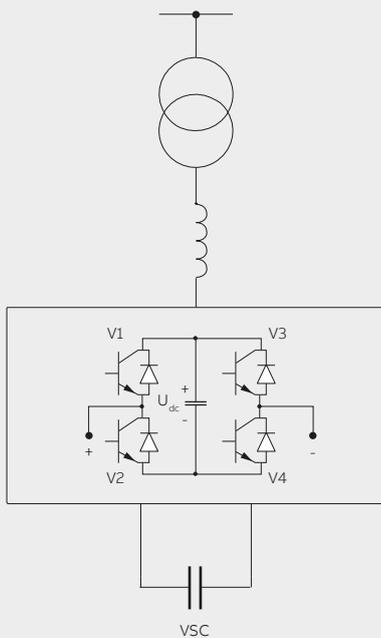




02a



02b



02c

ABB dispone de tecnologías FACTS que van desde la compensación fija conectada en serie y conectada en serie controlada con tiristores (TCSC) mediante soluciones SVC Classic, incluyendo condensadores (TSC) y reactancias controladas por tiristor (TCR), hasta los dispositivos STATCOM más avanzados, basados en la tecnología VSC, con semiconductores autoconmutados como los IGBT (tiristor bipolar de puerta aislada) o los IGCT (tiristor conmutado de puerta aislada) en dos o tres niveles o en topologías avanzadas de convertidor de fuente de tensión (VSC) MMC $\rightarrow 2$. Incluso hay soluciones de tecnología híbrida STATCOM y SVC Classic [1].

Con el nuevo SVC Light MP, ABB completa una cartera de productos FACTS con los que ayuda a los clientes a mantener la calidad eléctrica.

En los últimos años, la tecnología STATCOM se ha incorporado a una gama creciente de aplicaciones. Esta expansión se ha visto estimulada por los cambios en la naturaleza de las redes eléctricas y por la capacidad de STATCOM para aliviar los efectos de las redes débiles.

Un factor añadido es un importante desarrollo de la tecnología STATCOM: el convertidor modular multinivel (MMC). Los MMC han encontrado en los últimos años un amplio uso en aplicaciones de muy alta tensión y muy alta potencia que incluyen FACTS y HVDC para sistemas de transporte y distribución de electricidad [2].

—
02 Las soluciones FACTS de ABB se incorporan a numerosas tecnologías.

02a TCSC.

02b SVC Classic.

02c SVC Light.

—
03 Topologías de convertidores STATCOM con formas de onda de la tensión de salida junto con las correspondientes tensiones de frecuencia fundamental.

03a VSC de dos niveles.

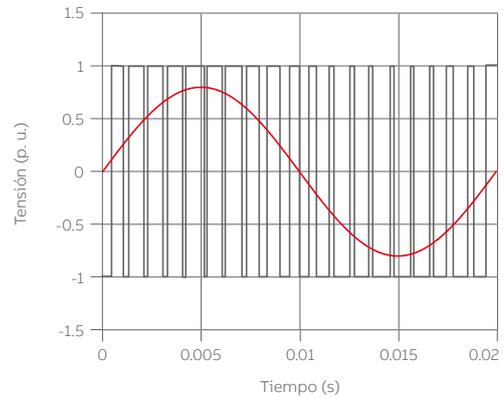
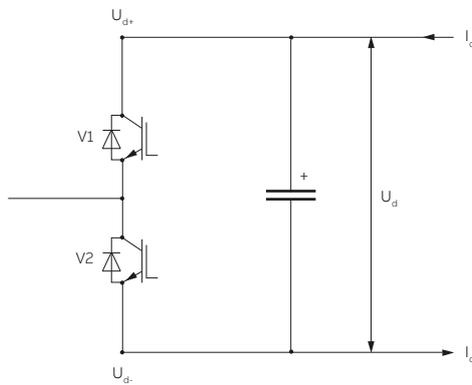
03b VSC de tres niveles.

03c Convertidor en cadena (MMC).

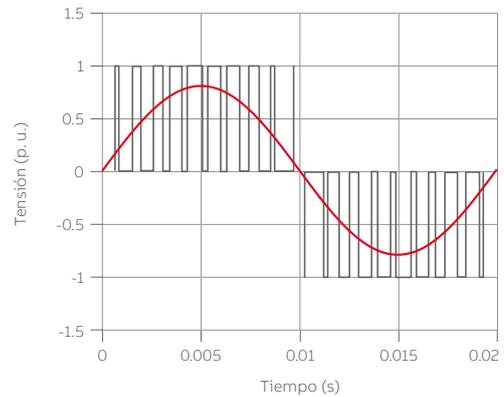
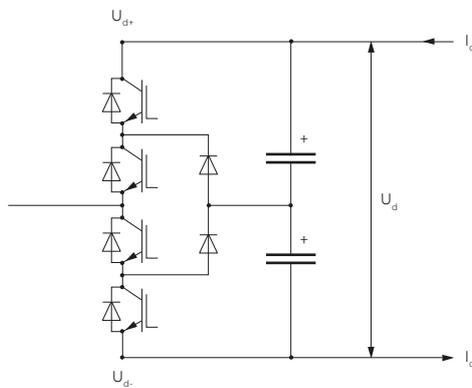
¿Por qué MMC?

Los convertidores en cadena utilizados en la última generación de SVC Light emplean conexión en serie de celdas VSC idénticas que se pueden conmutar de forma independiente unas de otras y que aportan una tensión negativa, nula o positiva a la tensión total del convertidor →3. Esta configuración tiene ventajas que explican su aceptación:

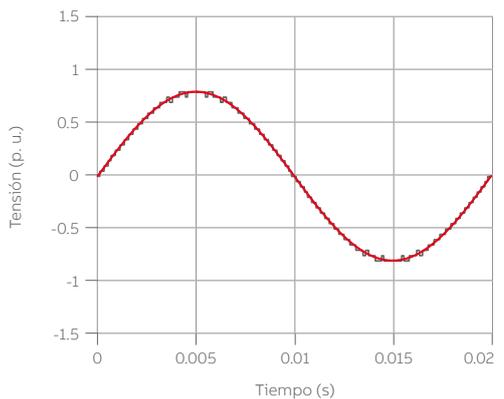
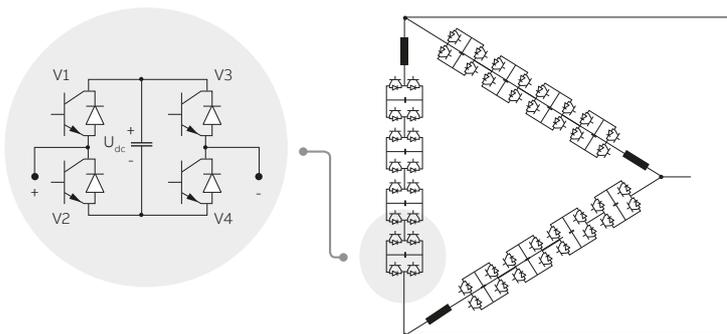
- La conmutación independiente de las celdas de convertidor permite ir subiendo la tensión terminal a pequeños pasos que se suman para determinar una forma de onda sinusoidal de tensión de gran calidad, con un contenido de armónicos muy reducido en comparación con otras topologías de convertidor.



03a



03b



03c

—
El encapsulado a presión mejora la fiabilidad y el coste de explotación frente a los módulos industriales unidos por cables.

- SVC Light cumple los requisitos más exigentes de armónicos sin filtros de orden inferior, aumentando así su resistencia a las resonancias armónicas y reduciendo las pérdidas globales del sistema. A veces hace falta un pequeño filtro pasa-altos para apoyar el cumplimiento del código de red.



04

- Menor tamaño que SVC Classic y otras tecnologías STATCOM gracias a la reducida necesidad de componentes pasivos en el patio de la subestación.
- Posibilidad de conseguir redundancia y resistencia a los fallos del sistema conectando en serie celdas MMC redundantes, con valores extremadamente altos de fiabilidad (>99,5 por ciento). Las necesidades específicas del cliente pueden atenderse con adaptaciones menores del diseño modular de STATCOM.
- Posible conexión directa a terminales de media tensión sin transformador mediante la conexión en serie de celdas MMC. Dependiendo de la potencia necesaria, puede conseguirse la conexión a la red sin transformador hasta una tensión de 69 kV con un producto SVC Light.

SVC Light MP utiliza semiconductores IGCT con encapsulado a presión y es el resultado de una buena colaboración entre equipos de desarrollo de aplicaciones, convertidores y semiconductores.

- Una consecuencia más del empleo de convertidores en cadena en varias celdas idénticas es el alto grado de prefabricación y la prueba en fábrica. Esto reduce los tiempos de ejecución del proyecto y mejora la calidad del producto. Además, la modularización del hardware permite la normalización y la escalabilidad de diseño y edificios.



05a



05b



05c

—
04 Cartera de productos STATCOM.

—
05 Diseño de celda y convertidor MMC con IGBT (SVC Light HP) e IGCT (SVC Light MP).

05a IGBT (sin accionamiento de puerta).

05b IGCT (sin accionamiento de puerta).

05c Módulo encapsulado a presión de convertidor SVC Light HP basado en IGBT, con cuatro celdas en un submódulo.

05d Módulo encapsulado a presión de convertidor SVC Light MP basado en IGCT, con dos celdas en un submódulo.

05e Diseño de convertidor SVC Light MP.

La cartera de productos ABB STATCOM

ABB tiene soluciones STATCOM para valores nominales de hasta 425 Mvar y para distintos niveles de tensión de conexión. Esto es posible gracias a tecnologías que maximizan siempre las prestaciones y el valor para el cliente de acuerdo con los requisitos concretos de la aplicación.

La cartera de productos ABB STATCOM para valores nominales de más de 10 Mvar incluye PCS 6000 y SVC Light →4. La elección de la tecnología concreta de convertidor forma parte de la optimización de la solución para el sistema y tiene en cuenta el rendimiento, la inversión total y los costes operativos de la instalación.

En el extremo inferior, el PCS 6000 utiliza semiconductores encapsulados a presión IGCT en una topología de fuente de tensión de tres niveles. En el superior, en el SVC Light HP (alta potencia), se utilizan interruptores encapsulados a presión IGBT en una topología de cadena avanzada multinivel, una variante de MMC. Entre ambos se ha añadido el nuevo SVC Light MP (media potencia) para completar la cartera de productos STATCOM →4.

Un nuevo convertidor MMC

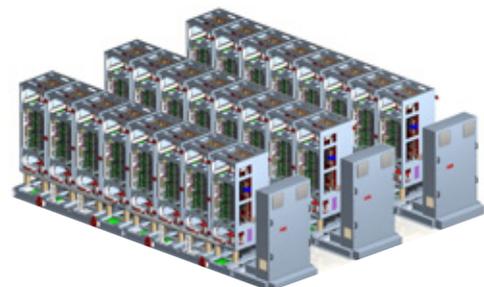
Por sus ventajas ya mencionadas, se seleccionó la tecnología MMC para el nuevo convertidor. El SVC Light MP utiliza semiconductores IGCT con encapsulado a presión y es el resultado

—
El nuevo SVC Light MP está plenamente integrado en la plataforma de control SVC Light y utiliza algoritmos de control bien probados.

de una buena colaboración entre equipos de desarrollo de aplicaciones, convertidores y semiconductores →5. Esta colaboración hizo posible importantes mejoras en la tecnología de semiconductores IGCT (RC-IGCT) de conducción inversa [4], con un ajuste optimizado a las necesidades del convertidor MMC; el resultado es un componente STATCOM con la eficiencia y la robustez mejores de su clase. Gracias a un comportamiento superior del ciclo de carga y a un modo de fallo por cortocircuito intrínsecamente estable, el encapsulado a presión de ABB presenta una fiabilidad y un coste operativo mejores que los conseguidos con módulos industriales conectados por cable.



05d



05e

Debido al muy elevado número de semiconductores en las aplicaciones de media y alta tensión/potencia, el funcionamiento debe continuar tras un solo fallo para alcanzar la disponibilidad pedida por los clientes.

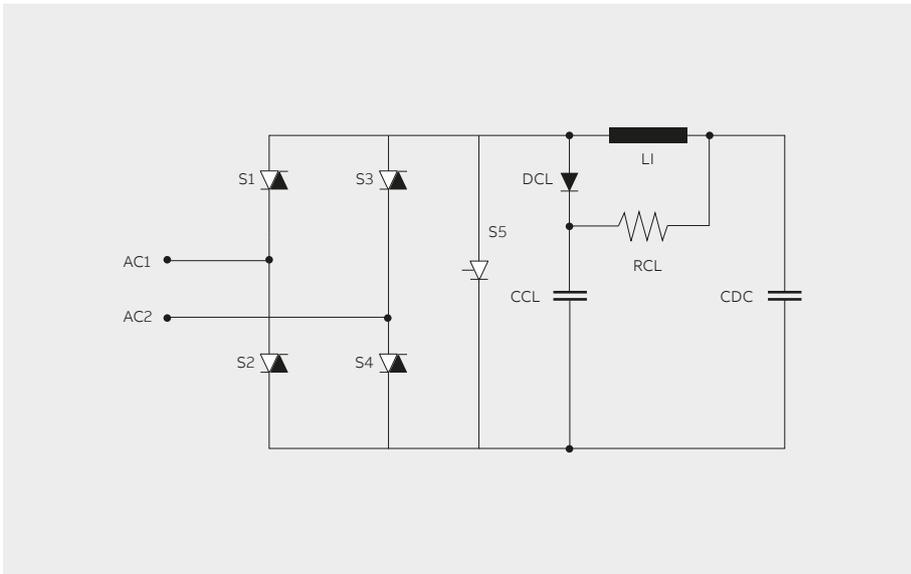
El tiristor puede derivar la corriente a través de la celda en fallo en unos microsegundos tras la presentación del fallo.

En el nuevo convertidor en cadena basado en IGCT, esta función la asume el interruptor tiristor de bypass único, S5 →6. Este tiristor puede derivar la corriente a través de la celda que falló unos microsegundos tras el fallo y manejar la corriente de descarga del condensador de la celda sin dañar

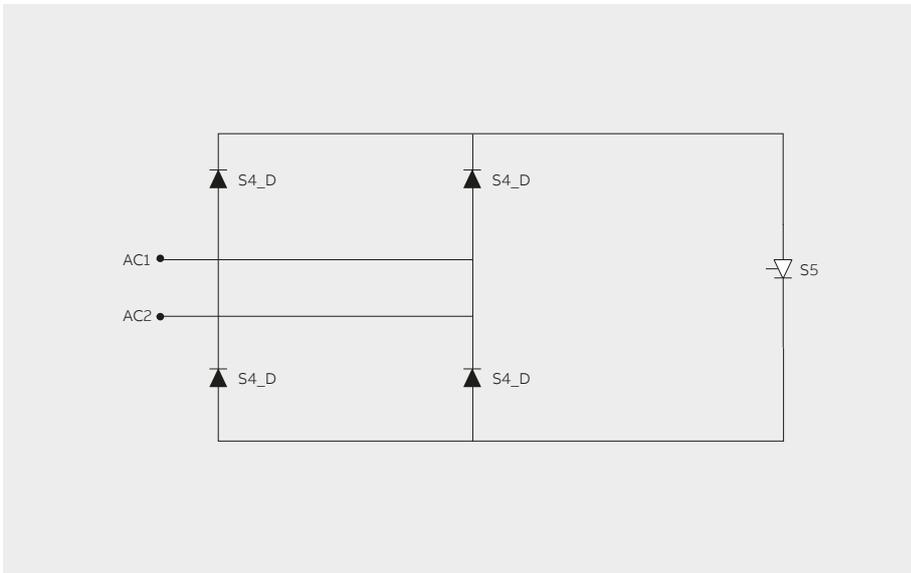
el alojamiento del tiristor. Tras el fallo, el tiristor entra en un estado de cortocircuito intrínsecamente sostenido y estable, lo que permite el funcionamiento continuado seguro y fiable hasta el siguiente servicio programado →6b. Esta capacidad de modo de fallo de cortocircuito (SCFM) se ha probado recientemente en un ensayo de 8.760 horas.

El nuevo producto se integra en una cartera global ganadora

Con el nuevo SVC Light MP, ABB, pionera y líder en el campo de FACTS, dispone de una completa cartera de productos para ayudar a sus clientes a resolver los aspectos de calidad en diversas aplicaciones: transporte de largo recorrido, integración de renovables, plantas industriales, etc.



06a



06b

—
06 Circuito eléctrico de celda MMC basada en IGCT.

06a Circuito eléctrico de celda SVC Light MP.

06b Recorrido de la corriente estable y mantenida por bypass de una celda eléctrica en fallo (rama más a la derecha).

Referencias

[1] Hutchinson S., Halonen M., "STATCOM and Hybrid STATCOM Solutions Based on Chain-Link Multilevel Converter Technology for the Electrical Transmissions Network," Gridtech 2015, Delhi, India, April 2015.

[2] Jacobson B. et al., "VSC-HVDC Transmission with Cascaded Two-Level Converters," Cigre 2010.

[3] Oedegard B. et al., "Rugged MMC Converter Cell for High Power Applications," EPE 2016, Karlsruhe, September 2016.

[4] U. Vemulapati, et al., "Switching the subject," ABB Review 4/2016, pp. 67-71.

[5] Grünbaum R. et al., "FACTS: Powerful Means for Dynamic Load Balancing and Voltage Support of AC Traction Feeders," Power Tech 2001, Porto.

[6] Bagnall T. et al., "PCS6000 STATCOM Ancillary Functions: Wind Park Resonance Damping," EWE 2009, Marseille.

[7] Grünbaum R. et al., "STATCOM for Grid Code Compliance of a Steel Plant Connection," 19th International Conference on Electricity Distribution, Vienna, May 2007.

De hecho, toda la familia SVC Light STATCOM está diseñada en respuesta a requisitos de los clientes, con equipos de expertos, diseñadores e instaladores de sistemas eléctricos que optimizan las prestaciones y definen la mejor configuración de la planta para cada aplicación. Estas consideraciones incluyen convertidor, sistema de control, sistema de refrigeración, recintos y elementos pasivos como reactancias de fase, filtros (en su caso), interruptores, disyuntores y el transformador de potencia.

La solución completa está controlada y protegida por el sistema de control MACH (control modular avanzado para HVDC y FACTS), parte de la cartera de productos ABB Ability™. MACH es una potente plataforma de control desarrollada expresamente para aplicaciones muy exigentes en términos de rendimiento y disponibilidad, como HVDC y FACTS. MACH funciona en cientos de aplicaciones por todo el mundo. Se basa en un controlador en tiempo real totalmente redundante que procesa las señales de los componentes principales de la subestación y las mediciones de transformadores de tensión e intensidad del patio, y se utilizan para sincronización, supervisión, control y protección. MACH, la mejor plataforma de su clase, permite la supervisión y el uso locales y a distancia, con soluciones de ciberseguridad como parte integral de todas las instalaciones.

El nuevo SVC Light MP está plenamente integrado en la plataforma de control y filosofía SVC Light y utiliza algoritmos de control probados (hay más de 800 instalaciones FACTS en uso) que apoyan aplicaciones exigentes de calidad eléctrica, como control de tensión subcíclica, equilibrado de cargas [5], filtrado activo de armónicos, estabilización de parques eólicos [6], compensación de parpadeo en plantas industriales [7] y muchas más.

—
El nuevo SVC Light MP está plenamente integrado en la plataforma de control SVC Light.

Todo el ciclo de vida de un FACTS suministrado por ABB está orientado a ayudar al cliente con soluciones y servicios sostenibles y rentables que maximicen el tiempo en servicio, la fiabilidad y el rendimiento. La incorporación del nuevo SVC Light MP a la familia FACTS ayudará a conseguirlo. ●

Entre todos los logros científicos de los últimos años, destaca la investigación sobre la transmutación artificial de átomos. Esta rama de la física en rápido desarrollo. Los físicos no solo se han dado cuenta de que los elementos químicos conocidos por medio de experimentos, también pueden producir artificialmente muchos tipos de átomos desestables. Entre estos elementos presentan gran interés los isótopos artificialmente radiactivos. Los núcleos atómicos de alta velocidad que se producen en las transmutaciones atómicas artificiales se producen con la radiactividad artificial tiene una importancia capital para la investigación de procesos biológicos. Las enormes cantidades de energía en forma de transmutaciones atómicas parecen contener un sinfín de aplicaciones técnicas.

I. ELEMENTOS Y ENERGÍAS NUCLEARES

EN LA ACTUALIDAD, los físicos estudian todos los fenómenos de la naturaleza que se producen por interacciones de unas partículas elementales de materia transmitidas por ondas elementales a las que, según la teoría cuántica, debemos asignar al mismo tiempo propiedades corpuscular y de onda, las dividimos en ligeras y pesadas.

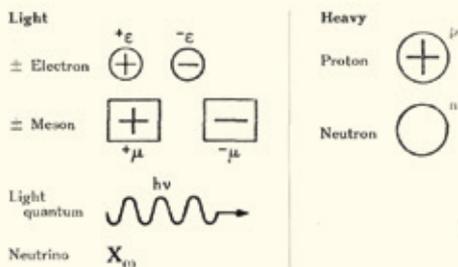
Los electrones pertenecen al grupo de las partículas elementales ligeras. Se presentan como partículas cargadas negativamente y como positrones.

Eternos pioneros



... el trabajo de
... surgido una nueva
... en capaces de transmutar
... ables, sino que también
... conocidos hasta el
... 00 tipos de átomos
... ocidad necesarios para
... ayuda del ciclotrón. La
... química y en especial
... energías liberadas en
... fin de posibilidades de

Otras partículas ligeras son los cuantos de luz o fotones, que actúan como transmisores de energía en todos los tipos de radiación electromagnética, rayos γ , rayos X, y radiaciones ultravioleta, visible e infrarroja. La última partícula ligera conocida es el hipotético neutrino, cuya existencia se deduce del resultado de los experimentos, pero aún no se puede hacer directamente visible. Los fotones y los neutrinos no tienen carga y su masa en reposo es cero, lo que significa que solo existen en movimiento y que su masa depende sencillamente de su energía cinética (de su impulso).



65

... EARES.

... opinan que
... za pueden
... cas unidades
... or campos. Estas
... la mecánica
... tiempo natu-
... mos en ligeras

... le las partículas
... negatrones -e
... ones +e cargados

La nueva tecnología es extrema porque desafía lo establecido, y ABB lleva haciendo precisamente eso desde que inauguró un laboratorio para turbinas de vapor allá por el año 1900. Solo en los últimos 50 años, sus investigadores han logrado avances extraordinarios en ámbitos como la óptica láser, la electrónica de potencia y la automatización, y han puesto dichas tecnologías al servicio de sus clientes. Pero aún hay más.

- 52 Investigación corporativa, Suiza: cincuenta años
- 64 Sin cables, pero conectados
- 65 Núcleos atómicos, perspectiva de 1941



52

 ETERNOS PIONEROS

Cincuenta años de ABB Corporate Research Suiza

En 1967, ABB creó un centro de investigación con un equipo de 34 científicos en Baden-Dattwil, Suiza. En los cincuenta años transcurridos desde entonces, la división suiza de ABB Corporate Research ha aumentado notablemente su tamaño →1 y ha aportado una serie de avances esenciales y de tecnologías innovadoras.



Anthony Byatt
Autor externo

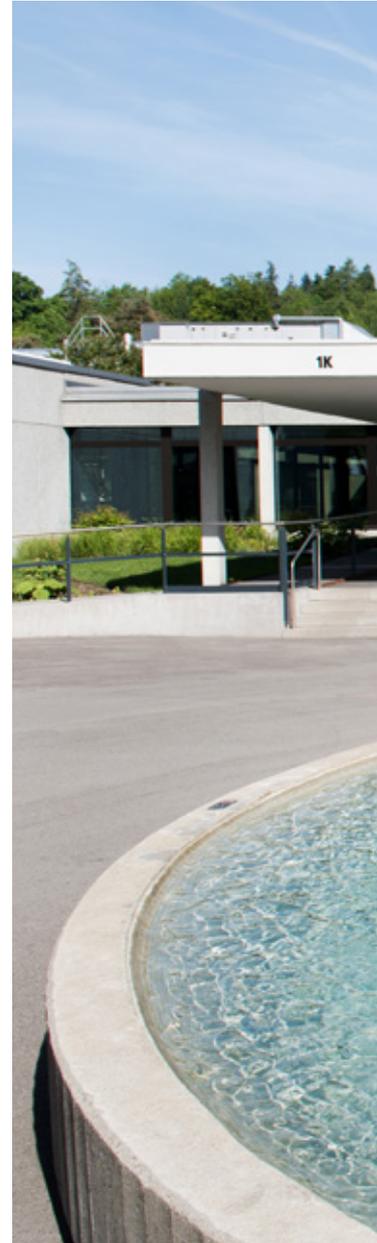
Si desea más información, pónganse en contacto con: sandra.andermahr@ch.abb.com

Queremos dar las gracias de forma especial a los muchos autores cuyos textos de los últimos cincuenta años han servido directa o indirectamente para elaborar este material.

En 1891, Charles Brown y Walter Boveri crearon una empresa en Baden, Suiza, para aprovechar las oportunidades que ofrecía una nueva y prometedora tecnología: la electricidad. Junto con Asea, en Suecia, Brown Boveri & Cie. (BBC) fue una de las precursoras de ABB. Gracias a la visión y al espíritu emprendedor de sus fundadores, BBC se convirtió rápidamente en una empresa de éxito, pionera

Gracias a la visión y al espíritu emprendedor de sus fundadores, BBC se convirtió rápidamente en una empresa de éxito, pionera en muchas de las innovaciones que impulsan el mundo moderno.

en muchas de las innovaciones que impulsan el mundo moderno. Durante los primeros diez años, la actividad de I+D de BBC la realizaban los equipos que desarrollaban los productos. Pero en 1900 se decidió crear un laboratorio independiente de investigación en Baden para turbinas de vapor. La aceleración del avance científico exigió la creación de un laboratorio de física (1916) y de productos de alta tensión (AT) (1943), ambos situados también en Baden.



01

02





—
01 Entrada al ABB
Corporate Research
Center en Baden-Dattwil.

—
02 El catedrático
Ambros P. Speiser
(1922-2003), primer
Director de BBC Corpo-
rate Research.

En 1957 se fundó el ahora célebre “Zentrallabor” en Baden. De este centro surgió un número prodigioso de innovaciones eléctricas e industriales, muchas de ellas aún presentes en las tecnologías actuales. Viendo que todas las innovaciones técnicas básicas procedían de las ciencias básicas y que era importante para la empresa contribuir a este proceso de creación en su conjunto, en 1966 se realizaron planes para fundar una organización de investigación corporativa para el grupo.

A tal fin, se contrató al catedrático Ambros P. Speiser en calidad de primer Director de investigación y se le asignó la labor de establecer el Corporate Research Center en 1967 →2.

Ambros Speiser era el candidato perfecto para el puesto. Se graduó en el ETH (Zúrich), y en su carrera académica pasó por Harvard y Princeton y realizó trabajos pioneros con Rutishauser y Stiefel sobre la primera generación de ordenadores electrónicos. Dirigió los trabajos de desarrollo de ERMETH, el primer ordenador electrónico suizo. Ambros Speiser fundó y dirigió el Laboratorio de Investigación de IBM en Ruschlikon, Suiza, del que salieron dos premios Nobel: en 1986 (microscopio de efecto túnel) y en 1987 (superconductividad a alta temperatura).

ABB Corporate Research Suiza

Momentos más destacados

1980 – 2017

Interruptor de alta tensión con principio de autodisparo

1970 – 1975: Investigaciones fundamentales para entender cuantitativamente el arco y desarrollar nuevos métodos de diagnóstico. De aquí surgieron conocimientos detallados, nuevos conceptos y una reputación internacional que se mantiene hasta el presente. El principio del autodisparo fue resultado de esta actividad y continuó investigándose entre 1975 y 1980. En un primer momento se aprovechó el movimiento del arco producido por fuerzas magnéticas y se usó en productos de media tensión de BBC (1977). Se descubrió que el principio de autodisparo se podía utilizar para interruptores de AT aprovechando la erosión de las toberas de PTFE para interruptores de AT.



1980

Evaluación de la tecnología, seguida de pruebas entre 1981 y 1985.

1985

Primer producto: interruptor para 72,5 kV y 25 kA de intensidad de cortocircuito.

2017

Las propiedades de los arcos de plasma se estudian en la actualidad con espectrometría e imágenes de alta velocidad. Utilizando simulaciones de campo multifísicas en 3-D y experimentos de alta potencia diseñados al efecto,

ABB Corporate Research Suiza está al frente de la ciencia esencial en este ámbito → fotografía (instalación experimental de alta tensión). El principio de autodisparo sigue siendo el concepto más utilizado por todos los fabricantes de interruptores de AT.

Una época de grandes cambios

El Corporate Research Center suizo se fundó en una época en la que el mundo entraba en una era tecnológica completamente nueva →3. Hacía solo un par de años que Fairchild había introducido el primer circuito analógico integrado de uso generalizado; sus desarrolladores apenas pudieron imaginar la repercusión que su invención tendría en las décadas siguientes. La carrera espacial hacia la luna estaba en pleno apogeo, con importantes consecuencias tecnológicas indirectas. La energía nuclear se hallaba en plena expansión. La televisión en color

llegó por primera vez a muchos países europeos. Y BBC era líder tecnológico en producción, transporte y distribución de electricidad y en muchos otros ámbitos. Era, sin duda, un momento propicio para abrir un centro de investigación.

La investigación básica como misión

El mandato del centro de investigación era desarrollar y ejecutar un programa de investigación a medio y largo plazo en ciencias básicas, que se valoraría por aplicabilidad práctica y por su relevancia científica. Se pasaron avances promete-

03a



03b



1990 – 2017

**Aparata aislada en gas
ecoeficiente (AT y MT)**

Aunque se utiliza mucho en aparata aislada en gas (GIS), el gas hexafluoruro de azufre (SF₆) ejerce un potente efecto invernadero. ABB es la primera empresa que ofrece GIS de MT con un gas aislante no dañino para el clima basado en una nueva molécula. ABB Corporate Research Suiza realizó una importante contribución a este salto tecnológico evaluando la compatibilidad del nuevo gas aislante con los materiales de la GIS en diversas condiciones de funcionamiento.

**1990s**

Selección y prueba de gases de sustitución del SF₆.

2008 – 2012

Combinación de la investigación corporativa y la división de I+D empresarial para desarrollar un interruptor de AT basado en CO₂.

2009

3M desarrolla cetonas fluoradas para mezclas de gases dieléctricos ecoeficientes.

2009 – 2015

I+D sobre las propiedades dieléctricas y físicas y la compatibilidad de materiales de las mezclas basadas en cetonas.

2015

Inauguración de la subestación Oerlikon para Electric Works of Zúrich, primera con aparata ecoeficiente (AT y MT).

2016

Lanzamiento de productos de aparata de MT compacta sin SF₆ SafeRing AirPlus™ y ZX2 AirPlus.

2017

Se siguen explorando soluciones ecoeficientes con mayor rendimiento. → fotografía (aparata sin SF₆ SafePlus AirPlus).

**03 ABB Corporate
Research Center**

03a 1972, el nuevo centro a las afueras de Baden. El equipo original de 1967 se alojó provisionalmente en la zona durante la construcción del nuevo complejo.

03b 2015, el complejo de ABB en Baden-Dattwil se amplió con nuevos edificios en torno al núcleo original.

dores a las unidades de negocio para su conversión en productos. Durante las primeras décadas, el abanico de temas de interés aumentó:

En 1973, los laboratorios de investigación de ABB en Alemania y Francia se integraron en la organización mundial de investigación corporativa de BBC.

- 1967: Mediciones ópticas por láser, carburo de silicio (relevo del "Zentrallabor")
- 1968: Física de plasma, magnetismo, metalurgia física, física teórica
- 1969: Semiconductores
- 1970: Automatización y pantallas de cristal líquido
- 1973: Mecánica de fractura
- 1974: Mecánica de fluidos
- 1979: Electroquímica y materiales sinterizados
- 1980: Informática
- 1984: Compatibilidad electromagnética, comunicaciones y cifrado
- 1985: Tecnologías de fabricación, optoelectrónica y tecnologías medioambientales
- 1986: Microelectrónica y robótica

En 1973, los laboratorios de investigación de BBC en Heidelberg (Alemania) y en CERCEM Le Bourget (Francia) se integraron en la organización mundial de investigación corporativa de BBC. En 1988 se produjo un cambio más radical con la fusión de Asea y BBC, que dio lugar a ABB (Asea Brown Boveri).



1967 – 2017

Descargadores de sobretensiones (varistores) de óxido metálico (MO)

Los descargadores de sobretensiones de capacidad suficiente y bien situados – como la serie Polim de ABB –, son esenciales en las redes eléctricas para limitar las sobretensiones excesivas. Gracias al trabajo de ABB Corporate Research Suiza, ABB posee toda la cadena de valor de descargadores de sobretensiones MO, desde la materia prima al producto terminado.



1967

Descubrimiento casual del efecto del varistor de ZnO en Matsushita.

1972

GE obtiene la licencia de Matsushita para varistores MO de baja tensión (BT).

1976

ABB Corporate Research Suiza muestra sus propios varistores MO de AT, pero BBC no se decide a producirlos.

1976

ASEA compra tecnología a Matsushita e inicia la producción.

1980

ASEA ofrece la gama completa de descargadores de sobretensiones MO de AT.

1982 – 1987

BBC incrementa la producción de varistores y descargadores sobre la base del trabajo esencial realizado por ABB Corporate Research Suiza.

1984

BBC es pionera en descargadores de sobretensiones con aislamiento de polímero para la distribución en MT.

1988

BBC y ASEA unen fuerzas y se convierten en el líderes del mercado mundial de descargadores de MO en MT, AT-AIS/GIS, CA/CC, JHV, ferrocarriles, etc., → fotografía (2001, aislador-descargador de tipo POLIM-S, en el que un mismo dispositivo combina el soporte mecánico y la protección frente a sobretensiones).

1988

Inicio de la actividad de I+D conjunta entre Suecia y Suiza en tecnología MO.

2011

Varistores MO de campo elevado para GIS compacta.

2017

Continúa la investigación y el desarrollo de productos para nuevas aplicaciones de electrónica de potencia.

Esto culminó en programas de gestión coordinados para los más de 800 científicos de los centros de investigación corporativa de Suiza, Suecia, Alemania, Noruega, Finlandia e Italia. Asimismo, la función de investigación corporativa se redefinió de manera que se redujo la atención a las ciencias básicas en favor de actividades más próximas a

La función de la investigación corporativa se redefinió para acercarla a las actividades empresariales y los mercados.

la empresa y los mercados. Este cambio define los programas de investigación que lleva a cabo el centro de investigación de Suiza en la actualidad.

Ámbitos de investigación actuales

El centro ABB Corporate Research de Suiza cuenta con unos 200 empleados de más de 35 países que trabajan en automatización, electrónica de potencia, energía y materiales, y productos y sistemas eléctricos. A continuación se resumen algunas de estas líneas de investigación.

Automatización

La industria avanza hacia un nuevo nivel de automatización, en el que no solo se ejecutan circuitos de control simples o procesos basados en reglas, sino que se optimiza el rendimiento global a partir del conocimiento integral del estado del sistema, la predicción del futuro y la adaptación automática de las abstracciones del proceso. ABB impulsa esta revolución de los sistemas de automatización con ABB Ability™.

1968 – 1984

Pantallas de cristal líquido (LCD)



1968

RCA presenta los primeros resultados en LCD de dispersión dinámica.

1969

BBC toma la decisión estratégica de introducirse en el mercado de la electrónica médica.

1969 – 1972

Colaboración con Hoffmann-La Roche.

1970

Hoffmann-La Roche: LCD de trenzado nemático (TN).

1973

Presentación del primer reloj con pantalla LCD en el salón del consumidor de MJBA, Basilea. Un trabajo conjunto de Hoffman-La Roche (material de cristal líquido), BBC (LCD), Farelec (código integrado) y Ebanches (reloj).

1973

Línea de producción experimental de LCD en la fábrica de tubos de vacío en Birr.

1974

Fábrica de LCD en Lenzburg, 110 empleados, pantallas para Casio (Casiotron) y fabricantes de relojes suizos.

1978

Línea de montaje en Hong Kong.

1980

Videlec, empresa conjunta BBC/Philips.

1983

Descubrimiento del supertrenzado nemático (STN), patente 12-3-1983. Alta resolución, excelente contraste, bajo consumo
→ fotografía [pantalla LCD STN de matriz pasiva, de 540 x 270 píxeles].

1984

Philips compra Videlec; el equipo de investigación cambia su orientación hacia la optoelectrónica.

1984

BBC decide conservar la patente de LCD STN, una licencia muy lucrativa.

ABB Ability digitaliza la automatización industrial

ABB Ability es una función digital industrial unificada que abarca desde los dispositivos hasta la nube: dispositivos, sistemas, soluciones, servicios y una plataforma que permite a los clientes de ABB convertir los datos en la acción directa que “cierra el círculo” y genera valor en el mundo físico. En muchas aplicaciones de ABB Ability – en casi cualquier contexto de automatización industrial –, los instrumentos de campo son los más próximos al proceso. ABB es uno de los principales fabricantes de instrumentos de campo, y ABB Corporate Research Suiza aporta a estos productos sus investigaciones en óptica, espectroscopia láser, aplicaciones de radar y acústica. Los investigadores se centran también en los cálculos integrados necesarios para ejecutar algoritmos de control avanzados que resuelven difíciles problemas de optimización en tiempo real.

Arquitectura de sistemas

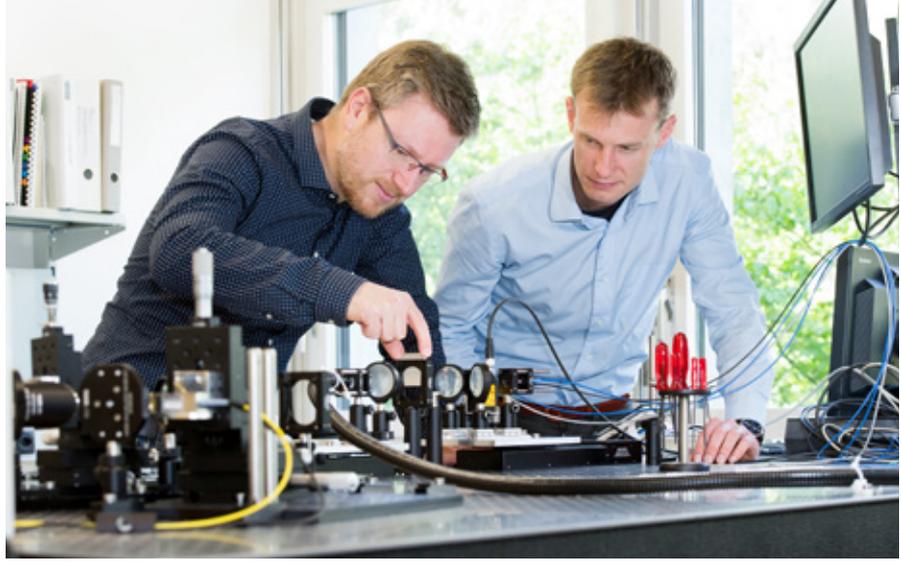
Dado que los sistemas son cada vez más inteligentes y más digitales, su complejidad aumenta. ¿Cómo se pueden construir sistemas correctos, fiables, ampliables, seguros y de alto rendimiento?

—
ABB Corporate Research en Suiza cuenta con unos 200 empleados de más de 35 países.

to? Para responder a estas y a otras preguntas, ABB Corporate Research está desarrollando las próximas generaciones de arquitectura de software y sistemas.

1970 – 2016

Sensor de intensidad de fibra óptica (FOCS)



Hacia 1970

Abandono de la investigación sobre los antiguos dispositivos con efecto Faraday.

1992

Patente fundamental de ABB sobre FOCS modernos, tesis doctoral.

1997 – 2001

Desarrollo de FOCS básicos, demostración de FOCS en un interruptor de 170 kV en una subestación de ENEL.

2000

ABB lanza el transformador de intensidad magneto-óptico (MOCT) en EE.UU.

2005

Lanzamiento de producto: FOCS para CC industrial. Finalistas del Premio Tecnológico Sueco y del Premio Hermes (Feria de Hannover). Inicio de la producción de FOCS en Baden-Dattwil.

2007

Fabricación del FOCS número 100; la producción de FOCS se traslada de Baden-Dattwil a Turgi (Suiza).

2006 – 2008

Desarrollo de la tecnología de segunda generación de FOCS (G2): electrónica de ABB conforme con la norma EC 61850-9-2.

2009

Comienza el desarrollo de producto FOCS de segunda generación.

2010

Instalación piloto de interruptores de tanque activo con FOCS en la red nacional de Suecia.

2016

Primera comercialización de interruptor de desconexión con FOCS instalados en la subestación inteligente de última generación de la Corporación Estatal de la Red Eléctrica de China (SGCC) → fotografía (físicos trabajando en nuevos avances en el laboratorio de óptica).

El aumento de la potencia computacional y la adaptación de sistemas operativos genéricos permiten que más aplicaciones aprovechen la supervisión y el control en tiempo real. ABB Corporate Research Suiza se centra en diversos aspectos de los sistemas de tiempo real para ofrecer las soluciones correspondientes: arquitecturas de sistema, comunicación digital fiable y sistemas de prueba en tiempo real.

El revolucionario cifrado homomórfico permite cifrar datos sensibles y enviarlos para su análisis sin compartir ninguna clave de descifrado.

Seguridad y privacidad para sistemas cibernéticos-físicos

Los clientes exigen que sus datos se traten de manera segura. El revolucionario cifrado homomórfico permite cifrar datos sensibles y enviarlos para su análisis sin compartir ninguna clave de descifrado. Solo el cliente tiene acceso a los datos y los resultados. ABB Corporate Research ha encontrado modos de reducir drásticamente el gasto computacional del cifrado homomórfico, lo que permite utilizarlo con mayor eficacia.

La tecnología blockchain es otro sistema para establecer transacciones seguras entre distintas partes que no confían entre sí. Los investigadores están explorando aplicaciones empresariales que justifiquen el uso del esfuerzo computacional de la tecnología blockchain y tecnologías alternativas que reduzcan sustancialmente este esfuerzo.

1988 – 2016

Electrónica de potencia: semiconductores, empaquetado, integración, convertidores y control

La electrónica de potencia es una competencia esencial de ABB Corporate Research Suiza. Un elemento clave es el centro PEARL (Laboratorio de Investigación Avanzada de Electrónica de Potencia), que permite realizar investigaciones sobre semiconductores de potencia, módulos y aplicaciones de última generación. Los nuevos dispositivos se diseñan en el centro, y las muestras se fabrican en la sala limpia. A continuación, las placas de semiconductores se pueden empaquetar e integrar en módulos de potencia mayores. Mikrolabor fue el primer centro de fabricación de semiconductores para I+D aplicada en electrónica de potencia.



1988 – 1994

Periodo de actividad de Mikrolabor.

1988 – 1994

La I+D de tiristores controlados por campo es la base de los IGCT (tiristores integrados conmutados por puerta).

1988 – 1994

La I+D de tiristores controlados por MOS da lugar a los IGBT de ABB.

1995 – 1998

La producción de IGBT se traslada a una empresa externa.

1995

Convertidor de PCS de 100 MW basado en IGCT.

1995 – 2000

Módulos de potencia Flatpack y StakPak basados en IGBT.

1998

La producción de IGBT se transfiere de la empresa externa a la fábrica de semiconductores de ABB en Lenzburg (Suiza).

1999

ACS6000 5, accionamiento de 30 MVA (IGCT).

2010

Módulos StakPak de 4,5 kV para HVDC Light.

2014

El nuevo centro PEARL, → fotografía (apertura de la instalaciones vanguardistas de PEARL para empaquetado avanzado).

2016

STATCOM (compensador estático síncrono) basado en un IGCT mejorado de nueva topología.

Electrónica de potencia

Los dispositivos de electrónica de potencia se utilizan para controlar tensiones e intensidades elevadas. ABB, pionera en este campo, mejora continuamente la densidad de potencia, la eficiencia, la funcionalidad y la fiabilidad de la electrónica de potencia. En este sentido son vitales las nuevas instalaciones del laboratorio de electrónica de potencia PEARL, que aportan al centro de investigación suizo todas las competencias esenciales: semiconductores, empaquetado, integración térmica, topologías y control.

Avances en el campo del SiC

Los semiconductores de carburo de silicio (SiC) tienen numerosas ventajas frente a los dispositivos basados en el silicio. ABB Corporate Research Suiza tiene una larga experiencia y un conocimiento esencial de la ciencia del SiC. Para aprovechar las ventajas del SiC, los investigadores están desarrollando dispositivos como los diodos Schottky y los conmutadores MOSFET, que pueden utilizarse en los productos de ABB.

El módulo de potencia StakPak de ABB estabiliza las redes eléctricas

StakPak es una familia de IGBT (transistores bipolares de puerta aislada) empaquetados y diodos de alta potencia en una carcasa modular avanzada que garantiza una presión uniforme en los chips apilados. ABB Corporate Research Suiza

—
ABB Corporate Research Suiza tiene una larga experiencia y un conocimiento esencial de la ciencia del SiC.

dedica mucha atención al desarrollo de combinaciones de materiales y conceptos estructurales punteros de módulos de potencia para ofrecer soluciones de gran fiabilidad y a prueba de fallos para aplicaciones de transporte de HVDC.



• 1996 – 2017

Superconductividad a temperatura elevada

El Premio Nobel a la superconductividad a alta temperatura (HTS) obtenido en el laboratorio de IBM del profesor Speiser en Ruschlikon suscitó inevitablemente el interés de ABB Corporate Research, que conseguiría éxitos notables en este campo.

1986

Descubrimiento de la superconductividad a alta temperatura en IBM; Premio Nobel en 1987.

1996

ABB Corporate Research Suiza: proyecto piloto de limitador de corriente de fallo (FCL) de 12 MW basado en materiales de HTS instalado en Suiza (primer FCL HTS en una red).

1997

Transformador de 630 kVA (18,7/0,42 kV) que utiliza cable superconductor en SIG (Ginebra) (primer transformador HTS en una red).

2002

Un FCL de 6,4 MVA supera las pruebas de laboratorio.

2001-13

Colaboración con la Universidad de Ginebra en un FCL superconductor.

2012-17

Dispositivo de prueba del transformador monofásico de 577 kVA (20/1 kV) con limitación de intensidad en colaboración con el Instituto de Tecnología Karlsruhe (KIT); se exhibió en la Feria de Hannover 2017

→ fotografía [colaboración con el KIT: transformador limitador de intensidad con cable superconductor (dispositivo de prueba)].

04 Equipos multidisciplinarios de ABB Corporate Research investigan los principios fundamentales de los sistemas eléctricos.

Tecnología de refrigeración innovadora para condiciones difíciles y energías renovables

El nuevo y eficiente sistema de refrigeración autónomo de ABB utiliza tecnologías de transición de fase y termosifón. Con la sencillez de la refrigeración por aire y la densidad de potencia

En el campo de la energía y los materiales, las actividades van desde el conocimiento esencial hasta el desarrollo de tecnologías avanzadas de materiales y procesos.

de la refrigeración por líquido, exige poco mantenimiento y es fácil de instalar y perfecto para aplicaciones al aire libre. ABB Corporate Research realizó la investigación fundamental necesaria para diseñar el sistema de refrigeración, que se utiliza en accionamientos, inversores fotovoltaicos y transformadores en seco.



1996 – 2017

Automatización

Automatización de subestaciones:

ecosistema centrado en la norma IEC 61850

La norma IEC 61850 es la que rige la subestación digital. Desde sus inicios, ABB Corporate Research ha realizado aportaciones clave a la propia norma y a su incorporación en tecnologías y herramientas por parte de ABB:

- Aportaciones claves a todos los aspectos de la norma y documentos orientativos de ingeniería, como miembros de los comités técnicos y grupos de trabajo de la IEC (p. ej., TC57).
- Modelización sistemática en UML de la norma para impulsar la generación y documentación de software (p. ej., bibliotecas basadas en 61850).
- Conceptos y arquitectura para herramientas de ingeniería, pruebas y puesta en marcha (p. ej., ITT, IET y DST600).

Tecnología de comunicación y control de ferrocarriles

Corporate Research Suiza tiene un historial de aportaciones tecnológicas clave para aplicaciones ferroviarias:

- TCN (red de comunicación ferroviaria): se utiliza en ferrocarriles de todo el mundo.
- ETCS (sistema de control ferroviario europeo): aportaciones importantes.
- Aplicación pionera de control de la adhesión para cadenas de tracción sin sensores.
- Establecimiento del diagnóstico remoto para trenes (ROSIN).
- Compatibilidad de sistemas eléctricos para vehículos ferroviarios.

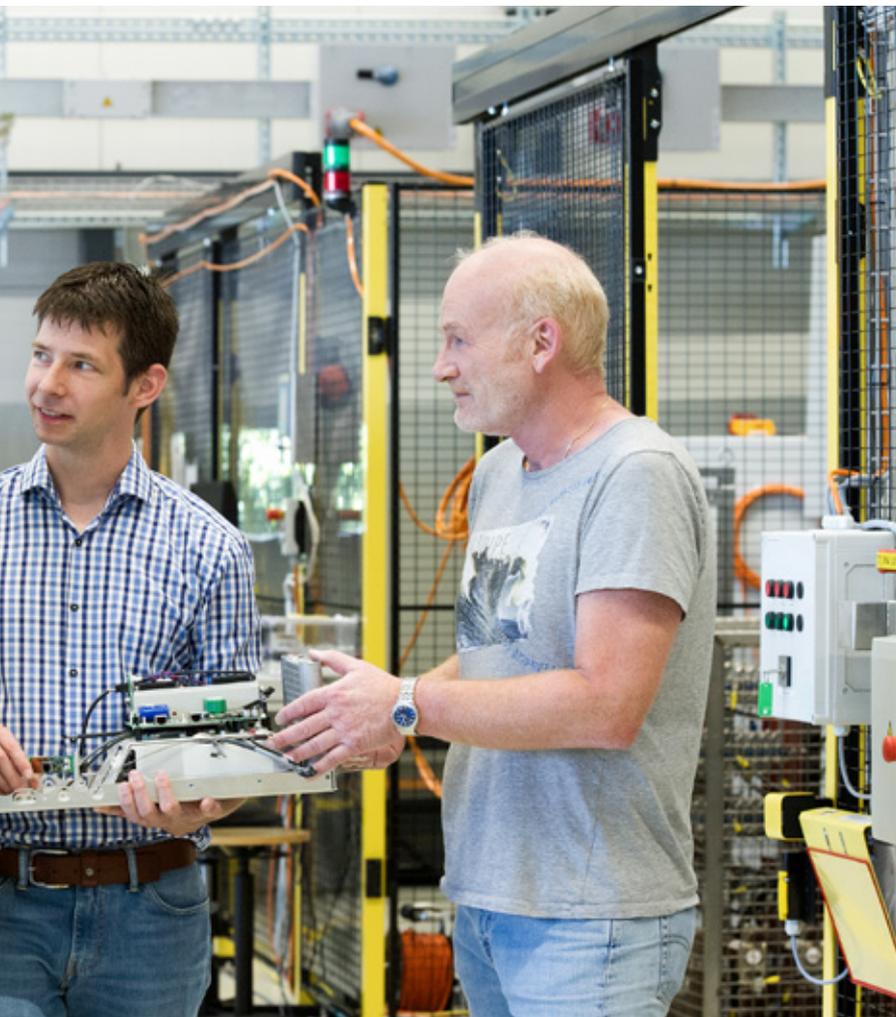
Automatización: siempre líderes

ABB Corporate Research ha sido siempre un pionero en tecnologías de la información y la comunicación:

- Procontrol P215, plataforma de control común para BBC.
- Pioneros en 1992 con “FuPla”, ingeniería de software gráfico, que conduciría a CoDeSys y a IEC 61131, innovaciones trascendentales.
- Procesadores a prueba de errores que permiten el proyecto Pacific Intertie HVDC.
- El concepto WISA para sensores y control inalámbricos en fábricas gana el Premio de Oro a la Innovación Tecnológica que concede el Wall Street Journal.
- GLASS: vigilancia remota de sistemas incorporados mediante de Internet, precursor del Internet de las cosas.
- Se advierte la necesidad de una ciberseguridad industrial potente (y se inicia), años antes del 11 de septiembre y del virus Stuxnet. Luego se ofrece almacenamiento seguro de datos y computación en la nube.

LEAP: aprendizaje para la mejora de los procesos de planta

- Explorar nuevas tecnologías de aprendizaje automático para la generación automática de modelos y decisiones de control avanzado del proceso.
- Crear las piezas que faltan: responsabilidad, solidez, capacidad de mantenimiento.
- El aprendizaje automático cambiará las reglas del juego.
- Mejorar la eficiencia técnica y facilitar el desarrollo de soluciones avanzadas de control.



Energía y materiales

En el campo de la energía y los materiales, las actividades de ABB Corporate Research van desde el conocimiento esencial hasta el desarrollo de tecnologías avanzadas de materiales y procesos. En el ámbito de la física, por ejemplo, se exploran el conocimiento básico del transporte de carga en componentes de AT y otras interacciones multifísicas complejas. Este conocimiento se utiliza, por ejemplo, en la simulación de interruptores. En física aplicada, los investigadores de Suiza ayudan a optimizar la gestión térmica para mejorar la potencia nominal y el tamaño de los productos.



El centro de investigación de Suiza concentra el conocimiento especializado en almacenamiento, en particular, sistemas de baterías. Los investigadores enriquecen toda la cadena de valor, desde las celdas de batería hasta la integración en módulos y la refrigeración, pasando por los sistemas de baterías y la evaluación empresarial.

—
El trabajo de ABB Corporate Research sienta las bases científicas y técnicas de los sistemas eléctricos y de muchos de los productos que los conforman.

La metodología de investigación y fabricación de materiales incluye el desarrollo de compuestos metálicos nuevos, como materiales de contacto de alto rendimiento en interruptores, imanes permanentes duros con métodos innovadores como la impresión 3D de metal y la sinterización

por chispa de plasma, y conceptos nuevos de materiales basados en termoplásticos, materiales termoendurecibles y elastómeros junto con nuevos procesos de fabricación de bornas pasantes sin aceite ni papel.

Productos y sistemas eléctricos

El trabajo efectuado por ABB Corporate Research sienta las bases científicas y técnicas de los sistemas eléctricos y de muchos de los productos eléctricos que los conforman →4. Los sistemas eléctricos del Programa de investigación futura, por ejemplo, utilizan un marco de recopilación de datos, generación de escenarios y análisis técnicos y económicos para investigar el modo en que las nuevas tecnologías, políticas y modelos empresariales pueden perfilar el sector eléctrico.



2003
Protección de
área extensa
para redes de
alta tensión



2017
Módulo LinPak
íntegramente
de SiC



2004
Sensor óptico de
corriente continua



2015
EcoGIS
de 170 kV



2007
Módulo de 6,5 kV
para tracción



2014
Cable de
HVDC de
525 kV



2008
Interrupor de
generador con
refrigeración de
la conducción
de calor



2012
Transformador de
tracción de EP

05

— 05 Algunos de los grandes avances surgidos en el centro de ABB Corporate Research en Suiza, 1973 a 2017.

Esto permite evaluar posibles dificultades técnicas, como la creciente necesidad de reservas operativas adecuadas y capacidad del alimentador de transporte o distribución, la reducción de la inercia del sistema y la capacidad de cortocircuito.

El aumento de las distancias de transporte de la electricidad ha impulsado la penetración de la HVDC integrada en las redes de transporte de AT de todo el mundo. Los investigadores suizos han desarrollado nuevos esquemas de control para aprovechar las capacidades de la HVDC y maximizar la capacidad total de transporte de la red.

Los próximos cincuenta años

Los 34 científicos que se incorporaron a la fase embrionaria del ABB Corporate Research de Suiza en 1967 no imaginaban que su esfuerzo sentaría las bases de numerosas tecnologías de ABB importantes y de éxito →5.

Y no podían predecir los cambios que iban a producirse en el mundo de la tecnología en las cinco décadas siguientes.

Ahora que el cambio tecnológico es más rápido que en ningún otro momento de la historia de la humanidad, es casi imposible imaginar qué tecnologías habrá dentro de 50 años, en 2067. De lo que no cabe la menor duda es de que el carácter pionero, curioso e imaginativo de una nueva generación de científicos de ABB Corporate Research estará allí para escribir el futuro. ●

ETERNOS PIONEROS

Sin cables, pero conectados

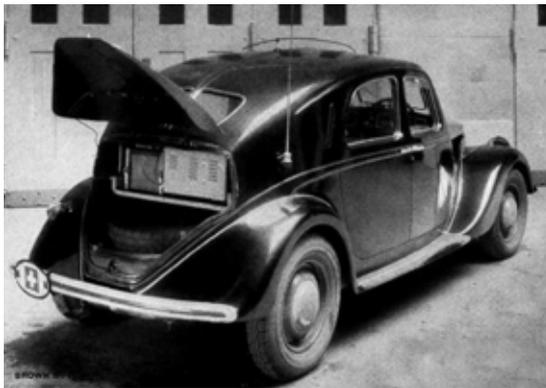
ABB es famosa por sus productos eléctricos y de productividad. Pero es menos sabido que la empresa también desempeñó una papel pionero en las telecomunicaciones móviles.



Dacfev Dzung
Miembro jubilado del equipo de investigación corporativa ABB Corporate Research Daettwil, Suiza

La era actual de la industria 4.0 y el Internet de la cosas está presenciando la vertiginosa transformación de casi todas las ramas industriales. Esto solo es posible gracias a los sistemas de comunicación asequibles de área extendida y altas prestaciones. La mayoría de los intercambios de datos que permiten su funcionalidad siguen una ruta al menos parcialmente inalámbrica.

01a



01b



Andreas Moglestue
ABB Review Daettwil, Suiza

andreas.moglestue
@ch.abb.com

01 La telefonía inalámbrica no era un terreno desconocido para ABB.

01a Sistema de telefonía móvil en el maletero de un coche de policía en Zúrich, Suiza (The Brown Boveri Review, diciembre de 1941)

01b Terminal en el interior de un coche de policía en Zúrich, Suiza (The Brown Boveri Review, diciembre de 1941)

La convergencia continua entre el software industrial y las telecomunicaciones podría crear la impresión de que las comunicaciones inalámbricas son un campo nuevo para ABB. Pero nada más lejos de la realidad. La empresa predecesora de ABB, BBC, ya investigó las comunicaciones inalámbricas en la década de 1930. En 1939 entregó un sistema de comunicaciones para el control del tráfico aéreo en el aeródromo de Kloten, cerca de Zúrich, en Suiza (actual aeropuerto de Zúrich). También desarrolló un sistema de telefonía móvil →1 con el que el cuerpo de policía de Zúrich se convirtió en el cliente piloto en 1941. Este sistema destacó por ser una de las primeras aplicaciones comerciales de la modulación de frecuencia (FM) →2.

Estos teléfonos móviles aún se hallaban a años luz de los dispositivos actuales, y ocupaban gran parte del maletero de un coche de policía →1a. Tuvo que transcurrir más de un cuarto de siglo para que la oficina de correos suiza (PTT) lanzara un sistema de teléfono inalámbrico público comercial en 1978. El teléfono móvil de BBC, montado en una maleta de aluminio, pesaba 15 kilos, aunque ni siquiera incluía la batería →3. El teléfono tenía que conectarse a una batería de coche o a una fuente de alimentación, de ahí el nombre con el que PTT comercializó la red: NATEL, que significaba Nacionales Autotelefono (teléfono de coche nacional). El nombre se sigue utilizando coloquialmente en Suiza para hacer referencia a cualquier teléfono móvil.

Se describen las características y las ventajas de la modulación de frecuencia y se comparan con la modulación de la amplitud.

Este sistema, en pleno desarrollo en los Estados Unidos, ha captado nuestra atención desde hace tiempo. La investigación y la experiencia adquirida con una instalación de frecuencia modulada han confirmado las propiedades positivas de este sistema.

LA TRANSMISIÓN de señales a-f se puede producir, como es sabido, en forma de oscilaciones h-f moduladas. Para estas oscilaciones, que tienen una amplitud a y una pulsación ω , se cumple en general la siguiente ecuación:

$$e = a \cdot \sin \phi(t) = a \cdot \sin \int \omega dt \quad (1)$$

En la modulación de la amplitud (AM), la pulsación ω se mantiene constante, mientras que la amplitud a, que corresponde a un valor instantáneo de la señal a-f, se desvía de la media a_0 en una cantidad variable a_1 . La señal se puede componer de una tensión a-c, que tiene una pulsación $\omega_s = 2\pi f_s$ (subíndice en mayúsculas). Por lo tanto, la ecuación (1) se convierte en:

$$a = a_0 + a_1 + a_2(1 + m_s \cdot \sin \omega_s t); \quad (2)$$

$$\omega = \omega_0 = \text{constant}$$

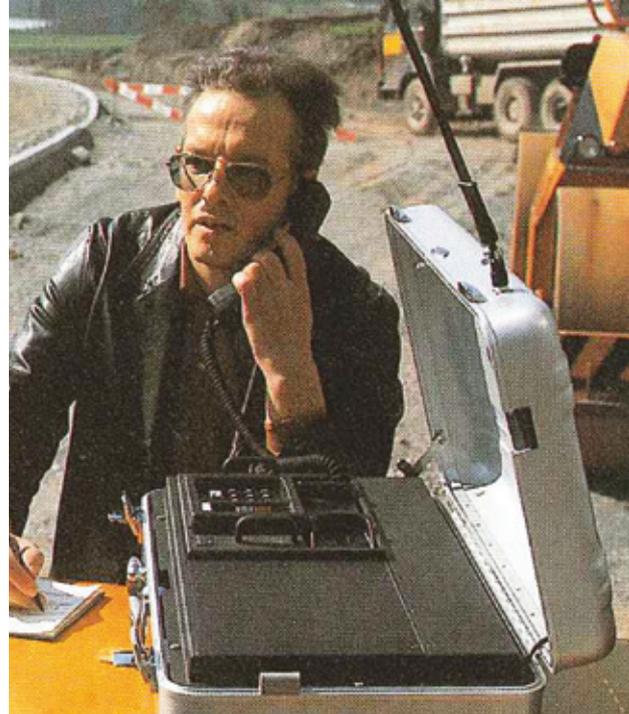
La tasa de modulación m_s puede alcanzar el valor 1, en función de la amplitud de la señal.

En la modulación de frecuencia (FM), la amplitud a se mantiene constante, mientras que la pulsación ω , que se corresponde con la señal que se va a transmitir, se desvía del valor promedio ω_0 :

$$\omega = \omega_0 + \omega_s = \omega_0(1 + m_f \cdot \sin \omega_s t); \quad (3)$$

$$a = a_0 = \text{constant}$$

El cambio $\omega_s = 2\pi f_s$ (con el subíndice en minúsculas) entre el valor instantáneo $\omega = 2\pi f$ y un valor promedio de de la pulsación tiene un valor máximo de $\omega_s = 2\pi f_s$. La desviación máxima de la frecuencia $\omega_s = 2\pi f_s = m_f \cdot \omega_0 = 2\pi m_f f_s$. f_s normalmente es mucho menor que la frecuencia f media; lo que significa que en FM, la relación de cambio m_f siempre es pequeña en comparación con 1. La comparación de ambos sistemas de modulación, a pesar de la aparente analogía entre las ecuaciones (2) y (3), revela importantes diferencias en la naturaleza de las oscilaciones, perturbaciones y distorsiones causadas, así como en los equipos de transmisión.



02

03

—
02 Artículo sobre el principio de modulación de frecuencia (FM) publicado en The Brown Boveri Review, diciembre de 1941. El artículo completo se puede descargar en la página web de ABB Review www.abb.com/abbreviaweb

—
03 El teléfono Natel de Brown Boveri pesaba 15 kilos y se presentaba en una maleta de aluminio. (The Brown Boveri Review 9/1980, página 554.)

Todas estas redes eran analógicas. A finales de 1980, los organismos europeos de correos y telecomunicaciones empezaron a trabajar en una norma para telefonía móvil digital en un grupo de trabajo llamado Groupe Special "Mobiles" (GSM). Más tarde, la norma también fue conocida como GSM, pero con el significado de Global System for Mobile Communications. Aunque en ese momento BBC dejó de participar activamente en la fabricación de teléfonos para coches, sabía mucho sobre comunicaciones digitales. PTT pidió a BBC que representara a Suiza en el grupo.

Esta responsabilidad recayó en Dacfeý Dzung, científico del centro de investigación corporativa de ABB en Daettwil. Todavía hoy, el protocolo de conexión GSM contiene un bit de datos definido por Dzung. Ninguna conexión GSM se puede iniciar sin utilizar este bit: un tributo perdurable e invisible a la investigación de ABB.

ABB ya no está en el campo de la telefonía móvil comercial, pero sí en el de las comunicaciones inalámbricas digitales, por ejemplo, en fábricas, un área de importancia creciente en la cuarta revolución industrial. ●



Paul Scherrer
1890-1969

Núcleos atómicos, perspectiva de 1941

En el número 3/2017, ABB Review publicó un artículo sobre un transformador entregado al CERN. El interés de ABB por la investigación atómica no es nuevo. En su número de diciembre de 1941 (pág. 436), The Brown Boveri Review publicó un artículo de Paul Scherrer (1890-1969), catedrático de física experimental del ETH de Zúrich que intervendría en la fundación del CERN en 1954. El método Debye-Scherrer de estudio de estructuras cristalinas se llama así en su honor, al igual que el Paul Scherrer Institute, un centro de investigación de Wuerenlingen, Suiza. En este artículo, Scherrer explica lo que entonces se sabía sobre los núcleos atómicos. Puede leer este documento histórico completo en el sitio web de ABB Review www.abb.com/abbreviaweb. ●

AVANCES RECIENTES EN LA INVESTIGACIÓN FÍSICA DE LOS NÚCLEOS ATÓMICOS.

Índice decimal 539.152.1 -539.17

Entre todos los logros científicos de los últimos años, destaca el trabajo de investigación sobre la transmutación artificial de átomos. Ha surgido una nueva rama de la física en rápido desarrollo. Los físicos no solo son capaces de transmutar elementos químicos conocidos por medio de experimentos fáciles, sino que también pueden producir artificialmente muchos tipos de átomos desconocidos hasta el momento. Entre estos elementos presentan gran interés los 100 tipos de átomos artificialmente radiactivos. Los núcleos atómicos de alta velocidad necesarios para las transmutaciones atómicas artificiales se producen con la ayuda del ciclotrón. La radiactividad artificial tiene una importancia capital para la química y en especial para la investigación de procesos biológicos. Las enormes energías liberadas en forma de transmutaciones atómicas parecen contener un sinfín de posibilidades de aplicación técnica.

I. ELEMENTOS Y ENERGÍAS NUCLEARES.

EN LA ACTUALIDAD, los físicos opinan que todos los fenómenos de la naturaleza pueden explicarse por interacciones de unas pocas unidades elementales de materia transmitidas por campos. Estas partículas elementales a las que, según la mecánica ondulatoria, debemos asignar al mismo tiempo naturaleza corpuscular y de onda, las dividimos en ligeras y pesadas.

Los electrones pertenecen al grupo de las partículas elementales ligeras. Se presentan como negatrones -e cargados negativamente y como positrones +e cargados positivamente. La masa de un electrón expresada en unidades atómicas es de 0.000543. (La masa del oxígeno se ha definido arbitrariamente como 16.000.) Un electrón es, por tanto, unas 2000 veces más ligero que un átomo de hidrógeno. También hay mesones o electrones pesados. Transportan la misma carga, pero son unas 160 veces más pesados que los electrones.

Otras partículas ligeras son los cuantos de luz o fotones, que actúan como transmisores de energía en todos los tipos de radiación electromagnética, rayos γ , rayos X, y radiaciones ultravioleta, visible e infrarroja. La última partícula ligera conocida es el hipotético neutrino, cuya existencia se deduce del resultado de los experimentos, pero aún no se puede hacer directamente visible. Los fotones y los neutrinos no tienen carga y su masa en reposo es cero, lo que significa que solo existen en movimiento y que su masa depende sencillamente de su energía cinética (de su impulso).

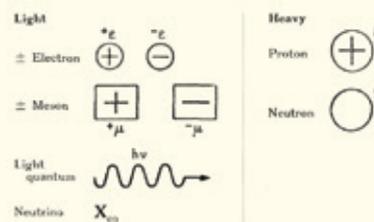


Fig. 1. — Elementary particles.

También conocemos dos partículas elementales pesadas: el protón p y el neutrón n. El protón lleva la misma carga positiva que el electrón positivo, mientras que el neutrón no lleva carga. La masa de ambas partículas es de alrededor de 1 en unidades atómicas.

DESMITIFICACIÓN DE TÉRMINOS TÉCNICOS

Inteligencia artificial

La segunda parte de la serie “Desmitificación de términos técnicos” de ABB Review examina la inteligencia artificial. El autor invitado es Derik Pridmore, director ejecutivo de Osaro, una empresa de San Francisco asociada con ABB en el ámbito del aprendizaje automático.



Derik Pridmore
Director Ejecutivo de Osaro
San Francisco, EE.UU.

derik@osaro.com

Osaro es una empresa especializada en inteligencia artificial. Osaro se ha asociado con ABB para integrar el aprendizaje automático en productos de ABB.
www.osaro.com

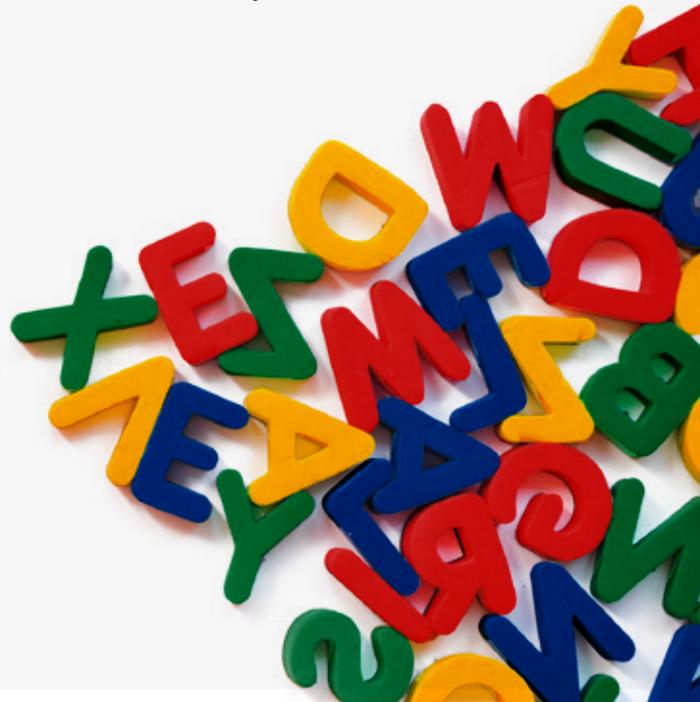
Con frecuencia me preguntan qué es la inteligencia artificial y por qué es importante para la robótica industrial. El término inteligencia artificial parece intrigar, confundir y frustrar a las empresas que esperan utilizarla para atender mejor a sus clientes.

Antes de definir la inteligencia artificial, será útil definir la inteligencia. La inteligencia es la habilidad de un agente (humano o no) para cumplir sus objetivos en entornos diversos ¹⁾.

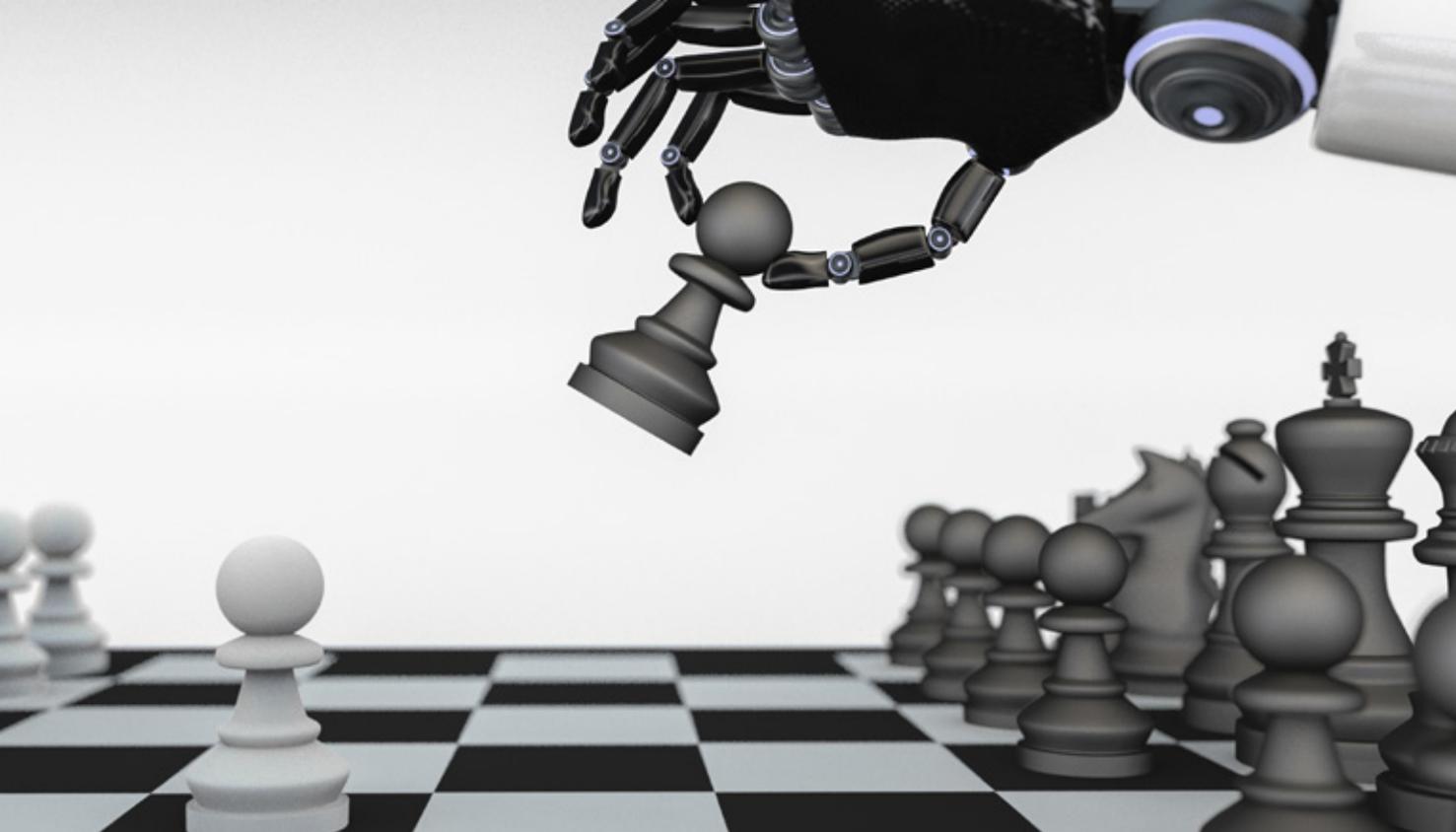
Cuando se les presenta un nuevo objetivo o situación, los seres humanos suelen ser capaces de alcanzarlo. Su inteligencia les dota de capacidades sólidas. La inteligencia artificial es un algoritmo (código informático) que tiene esta propiedad: la capacidad de alcanzar objetivos en una variedad de entornos.

Para mayor confusión, “aprendizaje automático” e “inteligencia artificial” se utilizan muchas veces como intercambiables. Se han convertido en sinónimos porque el aprendizaje es un método muy útil para incrementar la inteligencia. El aprendizaje automático es un grupo de algoritmos ideados para aprender de los datos. En los últimos cinco años han surgido dos técnicas de aprendizaje automático muy prometedoras: el aprendizaje profundo y el aprendizaje por refuerzo.

El aprendizaje profundo es una técnica supervisada que emplea redes neuronales para formar representaciones comprimidas y generalizadas de un conjunto de datos. El aprendizaje por refuerzo toma una representación de un entorno y un objetivo (función de recompensa) y utiliza el ensayo y error para descubrir acciones que maximizan la recompensa. (También puede usar ejemplos de cómo alcanzar el objetivo; este aprendizaje por imitación es la base del software de Osaro.) En teoría, combinando estas dos técnicas podemos al mismo tiempo aprender una representación y descubrir cómo alcanzar un objetivo.



Nota a pie de página
1) Véase una descripción técnica de esta definición en <https://arxiv.org/pdf/0712.3329.pdf>.



Ahora solo queda responder con qué rapidez, con qué exactitud, en qué tipos de entornos y con qué garantía podemos aprender. Este es el centro de la investigación más moderna sobre aprendizaje automático.

Con estas definiciones entendemos por qué la inteligencia artificial es tan importante para la robótica industrial. Si una empresa cambia el lugar

de trabajo aunque solo sea un poco, los robots actuales fallan y necesitan nuevas instrucciones. Los algoritmos que controlan los robots convencionales tienen muy poca inteligencia. La inteligencia artificial incrementará el abanico de tareas y entornos en los que se pueden usar los robots. También reducirá el coste total de las soluciones robóticas ahorrando tiempo y aliviando las costosas tareas de reprogramación. ●

Consejo editorial

Consejo de redacción

Bazmi Husain
Director de Tecnología
I+D y tecnología del Grupo

Adrienne Williams
Asesor Jefe de
Sostenibilidad

Christoph Sieder
Responsable de Comuni-
caciones Corporativas

Reiner Schoenrock
Comunicaciones de
Tecnología e Innovación

Roland Weiss
Director de la Cartera de
Investigación del Grupo
I+D y tecnología del Grupo

Andreas Moglestue
Jefe de redacción de
ABB Review
andreas.moglestue@
ch.abb.com

Editorial

ABB Review es una publi-
cación de I+D y tecnología
del Grupo ABB.

ABB Technology Ltd.
ABB Review
Segelhofstrasse 1K
CH-5405 Baden-Daettwil
Suiza
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 interesa-
dos en la tecnología y los
objetivos de ABB. Si desea
suscribirse, póngase en
contacto con el represen-
tante de ABB más cercano
o suscríbese en línea en
www.abb.com/abbreview

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

Editorial y copyright
©2017
ABB Switzerland Ltd.
Baden, Suiza

Impresión

3MA Group
68250 Rouffach,
Francia

Diseño
DAVILLA AG
Zúrich, Suiza

Maquetación

Konica Minolta
Marketing Services
WC1V 7PB Londres,
Reino Unido

Cláusula de exención de responsabilidad

La información contenida
en esta revista refleja el
punto de vista de sus au-
tores y tiene una finalidad
puramente informativa.
El lector no deberá actuar
sobre la base de las
afirmaciones conteni-
das en esta revista sin
contar con asesoramiento
profesional. Nuestras
publicaciones están a dis-
posición 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 asu-
mimos responsabilidad
alguna en relación con el
uso de las mismas.

Las empresas del Grupo
ABB no garantizan ni ase-
guran, ni expresa ni implí-
citamente, el contenido o
la exactitud de los puntos
de vista expresados en
esta revista.

ISSN: 1013-1319

[http://www.abb.com/
abbreview](http://www.abb.com/abbreview)



**Edición para
tablet**
ABB Review
también en
su tablet.

La encontrará
en [abb.com/
abbreviewapp](http://abb.com/abbreviewapp)

Manténgase informado

¿Alguna vez se ha perdido un 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.





01|2017 Innovación

Lo más destacado en innovación

- 08 Noticias breves sobre innovación
- 16 Entrevista: la revolución digital

Protección y seguridad

- 20 Emax 2 y Arc Guard System™ TVOC-2
- 25 IEC61850 unifica la protección
- 32 Alumbrado de emergencia Guideway
- 34 Aislamiento seco para bornas de condensador

Medición

- 40 Calibres de espesores para metales no ferrosos
- 46 50 años de control de la planitud

Servicios de fiabilidad

- 54 La modernización libera su potencial
- 60 Generadores para energía variable
- 65 Nuevos convertidores IGBT para Re460



02|2017 África

África

- 08 Energía para África
- 13 Microrred híbrida para el CICR
- 16 Transformadores de tensión de servicio
- 18 Electrificación de una línea ferroviaria remota
- 23 Un modelo para mejorar la planificación de la electrificación

Diseñado para la seguridad

- 30 Factor humano y seguridad de la planta
- 35 Espacio de trabajo adaptado para los operarios
- 38 Modelización del aislamiento en subestaciones de AT

Análisis digital

- 46 Sistema de control de la distribución
- 53 Seguridad física de los transformadores

Energía

- 60 Electricidad fiable a 3000 m de profundidad
- 66 Alternativa al SF₆ respetuosa con el medio ambiente



03|2017

ABB Ability

Voces de ABB

- 08 Entrevista: ABB Ability™
- 13 Ciberseguridad desde la base

ABB Ability

- 16 A la vanguardia de la automatización inalámbrica
- 20 La notificación predictiva aporta valor
- 26 Ejecución de proyectos de automatización
- 30 Automatización del intercambio de datos de ingeniería
- 36 La importancia de los datos en las minas

Protección y seguridad

- 40 Sistema de supervisión de circuitos
- 47 Protección de la electricidad con el SAI de MT PCS120
- 54 Protección en el mar con Emax 2 y Ekip Link
- 60 Solución para interruptores de microrredes Emax 2

Conexiones universales

- 70 Transformación de la aceleración: MFT para el CERN
- 76 Transmisión de potencia costa-buque

Productividad y control

- 84 Control para compresores de gas eléctricos
- 92 Una herramienta de programación flexible y fácil de usar

Desmitificación de términos técnicos

- 98 Blockchain
- 99 Encuesta a los lectores



04|2017

Rendimiento extremo

Rendimiento extremo

- 08 Subestación digital ABB Ability™
- 14 Intercambiador de calor compacto por termosifón
- 22 Subestación para condiciones extremas

Ingenio en el trabajo

- 28 Desarrollo de la automatización industrial
- 36 Asset Health Center para AEP
- 42 Convertidor modular multinivel

Eternos pioneros

- 52 Investigación corporativa, Suiza: cincuenta años
- 64 Sin cables, pero conectados
- 65 Núcleos atómicos, perspectiva de 1941

Desmitificación de términos técnicos

- 66 Inteligencia artificial
- 68 Índice 2017

Próximo número 01/2018
Innovación

La próxima edición de ABB Review es el número anual dedicado a la innovación, que indagará en algunas de las innovaciones más exitosas para descubrir cómo se hicieron realidad. En él también se ofrecerán pinceladas exclusivas de la tecnología y la investigación de vanguardia que impulsarán éxitos futuros.