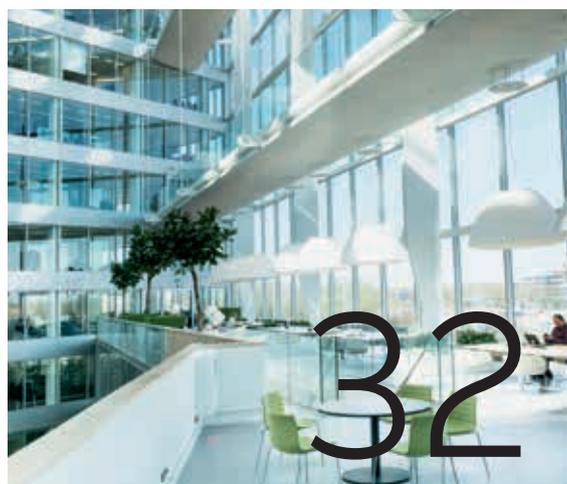


review

Innovation

01|2017 de



-
- 08–17 Innovations-Highlights
 - 18–37 Schutz und Sicherheit
 - 38–51 Messtechnik
 - 52–67 Service und Zuverlässigkeit



09

Berührungsloser Laser-Füllstand-Messumformer LLT100



46

50 Jahre Planheitsregelung



34

Trockenisolierung für Kondensatordurchführungen



Speicherung von Solarstrom





60

Konstruktion zuverlässiger Generatoren



54

Potenziale freisetzen durch Retrofitting



13

05 Editorial

Innovations-Highlights

- 08 Kurzartikel Innovationen
- 16 Interview: Die digitale Revolution

Schutz und Sicherheit

- 20 Emax 2 und Arc Guard System™ TVOC-2
- 25 IEC 61850 vereint NS- und MS-Schutz
- 32 Sicherheitsbeleuchtung
- 34 Trockenisolierung für
Kondensatordurchführungen

Messtechnik

- 40 Dickenmessung für Nichteisenmetalle
- 46 50 Jahre Planheitsregelung

Service und Zuverlässigkeit

- 54 Potenziale freisetzen durch Retrofitting
- 60 Generatoren für die Netzstützung
- 65 Neue IGBT-Stromrichter für die RE460

69 Impressum

Wie die vergangenen Jahre begann auch 2017 mit der Herausforderung für Unternehmen, Politiker und Bürger, innovative Lösungen für die dringendsten Probleme der Welt zu finden. Da ist es nur passend, dass sich auch die erste Ausgabe der ABB Review im neuen Jahr schwerpunktmäßig mit dem Thema Innovation befasst – und sich in einem neuen, leserfreundlichen Layout präsentiert.

Lassen Sie uns Ihre Meinung wissen (abb.com/abbreview).

EDITORIAL

Innovation



Liebe Leserin, lieber Leser,
willkommen zur ersten Ausgabe der ABB Review im neuen Format. Neben der optischen Überarbeitung haben wir einige strukturelle Veränderungen vorgenommen, die die Zeitschrift zugänglicher machen und Ihnen die Orientierung erleichtern sollen.

Die Neugestaltung der ABB Review geht mit umfassenden und weit reichenden Veränderungen im Unternehmen einher. ABB hat sich zum Ziel gesetzt, Kunden bei der Verbesserung von drei wichtigen Kenngrößen zu helfen: Verfügbarkeit, Geschwindigkeit und Ertrag. Eines der wichtigsten Werkzeuge dabei ist die Digitalisierung. Während Durchbrüche in puncto Produktivität bisher meist auf der Ebene von Geräten und einzelnen Technologien erzielt wurden, konzentriert sich die neue Revolution auf die Zusammenarbeit von Geräten und Systemen über Wertschöpfungsketten hinweg.

In dieser und in kommenden Ausgaben der ABB Review zeigen wir, auf welche Weise die digitale Zukunft Realität wird. Eine spannende Lektüre wünscht Ihnen

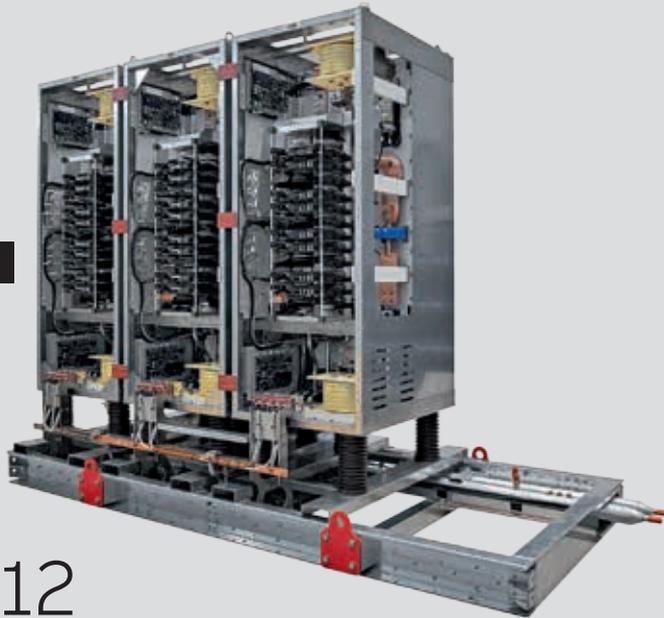
Bazmi Husain
Chief Technology Officer



Innovation Highlights 2017



S-



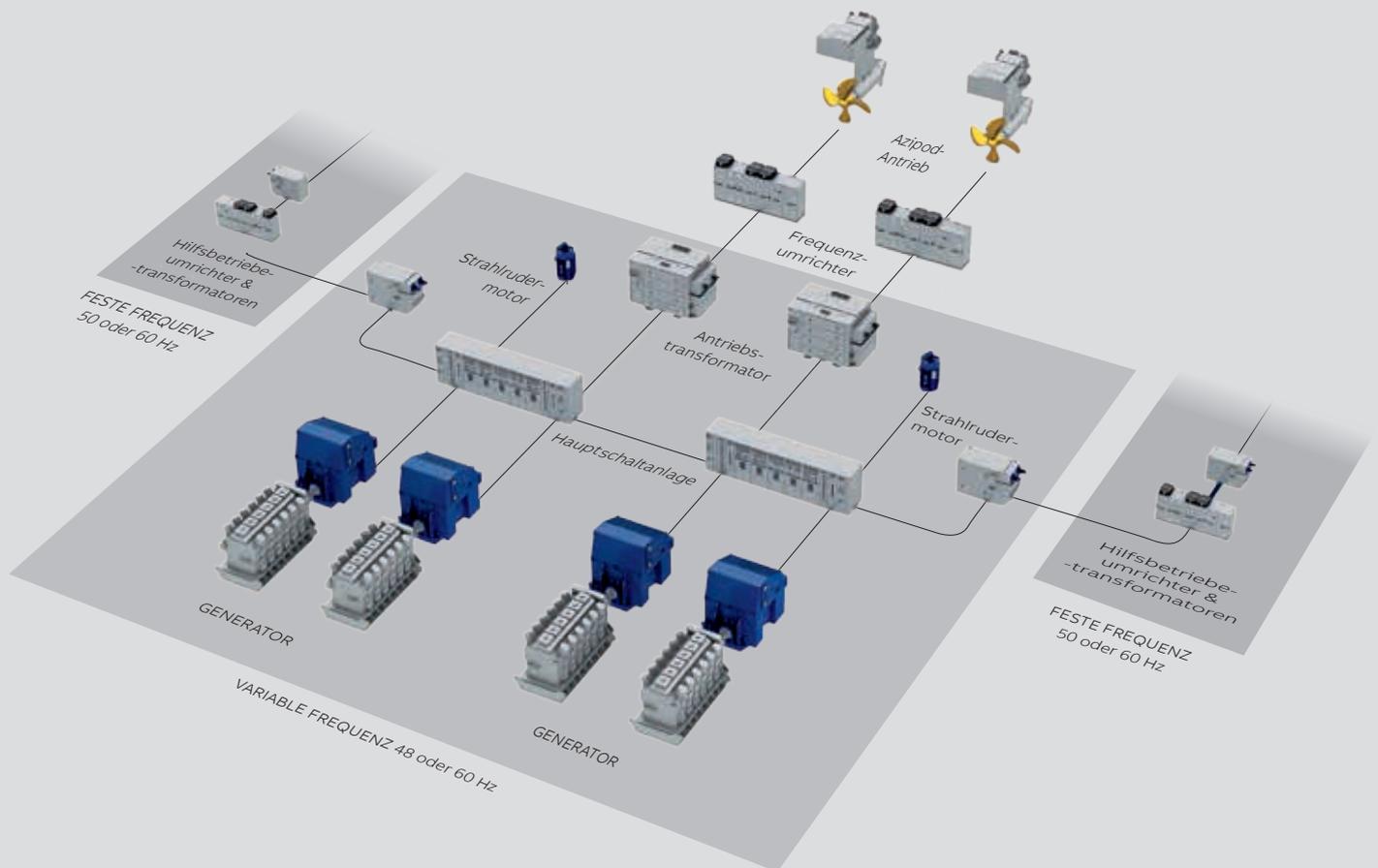
12

„Innovation“ ist heutzutage ein gern verwendeter Ausdruck, und für viele ist er gleichbedeutend mit „neu“. Bei ABB bedeutet er zum Beispiel die Nutzung anspruchsvoller Methoden mit fortschrittlichen, patentierten Werkzeugen und Mathematik zur Lokalisierung von Gasleckagen; die Erfüllung hoher Erwartungen mit einem Füllstand-Messumformer, der bei allen Zuständen buchstäblich den Durchblick behält; die Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit und Sicherheit der Energiespeicherung; das Setzen neuer Maßstäbe bei der elektrischen Energieübertragung oder die Bereitstellung von Rekordtransformatoren. Bei ABB bedeutet Innovation Technologieführerschaft, Marktrelevanz und Kundenerfolg.



13

Dynamic AC erreicht hohe Effizienz bei Nennleistungen ≥ 20 MW



Dynamic AC (DAC) ist eine Stromversorgungslösung für große Schiffe mit elektrischem Antrieb. DAC ermöglicht eine Anpassung der Drehzahl der Hauptmaschine an Lastveränderungen ohne Leistungsverlust. Auf diese Weise kann der Kraftstoffverbrauch optimiert werden, womit Kraftstoffeinsparungen von 4–6 % erzielt werden können. DAC ist besonders effektiv bei Schiffen, die über das Jahr oder ihre gesamte Lebensdauer hinweg unterschiedlich lange Strecken mit unterschiedlicher Geschwindigkeit fahren. Das ABB DAC-System bietet Schiffskonstruktoren und -bauern die erforderliche zusätzliche Flexibilität für einen sich verändernden Weltmarkt.

Herkömmliche dieselektrische Antriebssysteme trennen die Stromerzeugung vom Antrieb. Der Ausgleich von Energieerzeugung und -bedarf erfolgt mithilfe von Generatorsätzen. DAC geht einen Schritt weiter und regelt die Drehzahl der Generatorsätze. Das elektrische System ist für einen Betrieb mit variabler Frequenz – normaler-

weise zwischen 48 und 60 Hz – ausgelegt. Durch Anpassung der Motordrehzahl wird ein optimaler Kraftstoffverbrauch unter allen Betriebsbedingungen erreicht.

Die Energieverteilung für Hilfsbetriebe und Hotel-lasten erfolgt mit Ausnahme bestimmter Lasten, die direkt vom frequenzvariablen System gespeist werden können, mithilfe von Frequenzumrichtern, die mit konstanter Frequenz arbeiten. Sämtliche DAC-Komponenten können vollständig in die intelligenten Automatisierungs- und Informationssysteme von ABB integriert werden.

DAC ist ein neues Konzept, das die DC-Bordnetzlösung „Onboard DC Grid“ von ABB zur energieeffizienten Stromerzeugung auf Schiffen ergänzt. DAC bietet eine ausgezeichnete Funktionalität für große Schiffe mit Hochspannungssystemen und Nennleistungen von 20 MW oder mehr, während das Onboard DC Grid System vorwiegend für kleinere Schiffe ausgelegt wurde. ●

Berührungsloser Laser-Füllstand-Messumformer

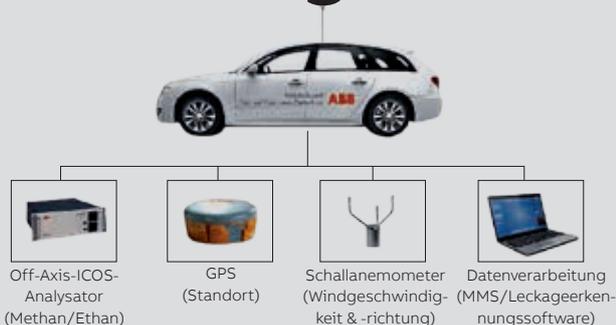


Der LLT100 ist ein leistungsstarker Laser-Füllstand-Messumformer zur präzisen Messung von Füllständen, Entfernungen und Positionen über kurze und lange Distanzen. Er ist für den industriellen Einsatz in rauen Umgebungen ausgelegt und ersetzt frei strahlendes Radar und andere Füllstand-Messumformer.

Der LLT100 misst den Füllstand von festen und flüssigen Stoffen aller Art, einschließlich klarer Flüssigkeiten, unabhängig von deren Eigenschaften oder Zuständen. Dank des schmalen Laserstrahls können Hindernisse umgangen werden, und der LLT100 kann dicht an Behälterwänden oder in Tanks mit Rührwerken, Gittern o. Ä. installiert werden. Der LLT100 misst kontinuierlich und ermöglicht eine schnelle Erfassung von Oberflächenverän-

derungen. Die fortschrittliche Signalverarbeitung liefert zuverlässige Messungen auch bei Rührwerken, staubigen, nebligen und engen Verhältnissen. Die einfache Konfiguration, schnelle Installation und Schleifenspeisung machen ihn besonders benutzerfreundlich. Er besitzt ein robustes Gehäuse mit Schutzart IP67/Nema 4X und ist für explosionsgefährdete Umgebungen gemäß Class 1/Division 1 (Zone 1) zugelassen. Der LLT100 verkörpert die „Measurement made easy“ Designphilosophie von ABB und eignet sich für den Einsatz in anspruchsvollen Industrien wie Bergbau und Zuschlagstoffe, Öl und Gas, Chemie, Nahrungsmittel und Getränke, Energie- und Dampferzeugung, Zellstoff und Papier, Pharmazie, Wasser und Abwasser. ●

Schnelle Erkennung von Gasleckagen mit MobileGuard™

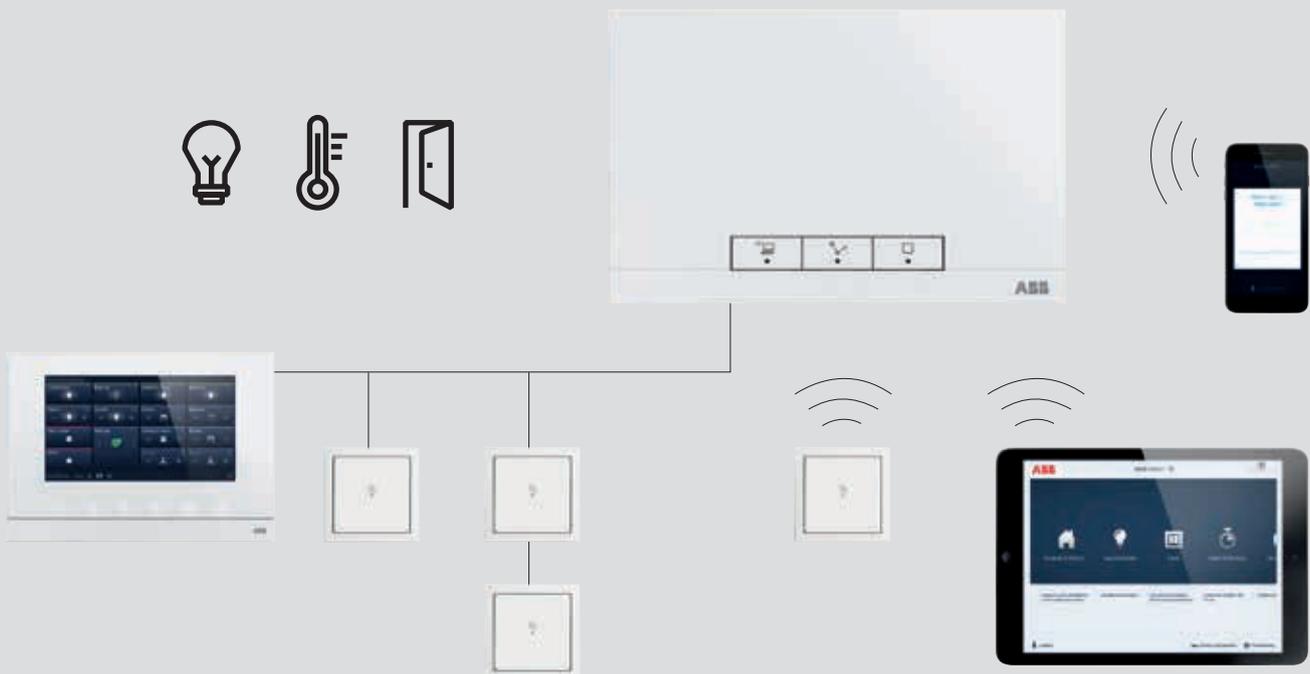


Das von ABB entwickelte MobileGuard-System ermöglicht eine schnelle und kostengünstige Erkennung von gefährlichen und umweltschädlichen Leckagen im Erdgas-Verteilnetz. Herzstück des Systems ist ein Analysator, der mithilfe der patentierten, laserbasierten ABB OA-ICOS™-Technologie gleichzeitig den Methan- und Ethan-gehalt in der Umgebung misst. Der Analysator ist in der Lage, Methankonzentrationen von einzelnen ppb zu erkennen, sodass Methanleckagen auf mehrere Dutzend Meter Entfernung aufgespürt werden können – und nicht wie mit herkömmlicher Mess-

ausrüstung auf einige Meter. Mit einem entsprechend ausgerüsteten Fahrzeug lassen sich so Leitungsnetze schnell überprüfen. Der Analysator misst mit bis zu 5 Hz, sodass mit Geschwindigkeiten von bis zu 88 km/h geprüft werden kann. Durch die gleichzeitige Messung von Ethan kann das System zwischen Leitungsgas und anderen Methanquellen wie Mülldeponien, Sumpfen und Vieh unterscheiden und so falsch positive Ergebnisse vermeiden.

Fortschrittliche proprietäre Analysealgorithmen nutzen die Gaskonzentrationsmessungen zusammen mit lokalen Wind- und GPS-Daten, um die genaue Lage der Leckagen im Verteilnetz zu schätzen. Durch cloudbasiertes Daten-Sharing erhalten Kunden Analyseberichte in Echtzeit, die in GIS-Systemen angezeigt werden können. Das MobileGuard-System bietet Erdgasversorgern neue Möglichkeiten zur routinemäßigen Wahrung der öffentlichen Sicherheit, Überprüfung von Gerüchen und schnelleren Unterstützung nach Zwischenfällen und hilft ihnen gleichzeitig, unerwünschte Treibhausgasemissionen zu reduzieren und Geld zu sparen. ●

Haussteuerung einfach wie nie mit ABB/Busch-free@home® Wireless



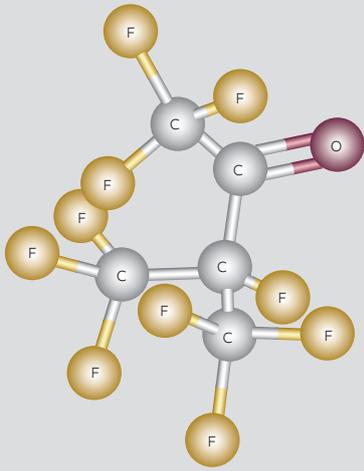
Smart-Home-Lösungen benötigen eine entsprechende Infrastruktur aus Sensoren, Aktuatoren und intelligenter Steuerung. Mit ABB- bzw. Busch-free@home Wireless* lassen sich diese Elemente nun auf einfache Weise zu einem flexiblen System verbinden.

ABB/Busch-free@home Wireless ist ein drahtloses Smart-Home-Integrationssystem, das sich optimal dazu eignet, alte Gebäude in Smart Homes zu verwandeln und Neubauten mit neuester Haussteuerungstechnik auszustatten.

Dank seines Mesh-Netzwerks, das für eine optimale Funkverbindung sorgt, eröffnet ABB/Busch-free@home Wireless neue Möglichkeiten zur einfachen und ökonomischen Umsetzung von Smart-Home-Projekten. Durch die Drahtlos-Technologie kann die Struktur unverändert bleiben, d. h. Beleuchtung, Jalousien, Türkommunikation und Heizung können

auf einfache Weise auf den neuesten Smart-Home-Standard gebracht werden. Wenn gewünscht, können auch drahtgebundene Komponenten in das System integriert werden. Für den Elektroinstallateur ist die Installation von ABB/Busch-free@home einfach und schnell. Der System Access Point ermöglicht den Zugriff mittels PC, Tablet oder Smartphone, sogar eine Sprachsteuerung ist möglich. ABB/Busch-free@home Wireless kann mit einem vorhandenen busbasierten ABB/Busch-free@home-System kombiniert werden und unterstützt die direkte Integration von ABB/Busch-Türkommunikationssystemen sowie einen cloudbasierten Fernzugriff. ●

* Das System wird in der Schweiz von ABB unter dem Namen ABB-free@home und in Deutschland und Österreich von Busch-Jaeger unter dem Namen Busch-free@home vertrieben.



SF₆-freie GIS für Mittelspannungsanwendungen

Seit Jahrzehnten wird Schwefelhexafluorid (SF₆) für gasisolierte Schaltanlagen (GIS) eingesetzt, wenn kompakte Abmessungen, höchste Zuverlässigkeit und maximale Sicherheit gefragt sind. Doch trotz seiner herausragenden Eigenschaften ist SF₆ ein starkes Treibhausgas. ABB ist das erste Unternehmen, das Mittelspannungs-(MS-)Schaltanlagen mit einem klimafreundlichen Isoliergas auf der Basis eines neuen Moleküls anbietet.

Mit dem Isoliergas AirPlus™ hat ABB in Zusammenarbeit mit 3M eine vielversprechende Alternative zu SF₆ entwickelt. Das neue Gas kommt von den technischen Eigenschaften her dem SF₆ sehr nahe, besitzt aber praktisch kein Treibhauspotenzial: Das AirPlus-Molekül zerfällt nach durchschnittlich 16 Tagen Strahlungseinwirkung in der Atmosphäre (im Vergleich zu über 3.000 Jahren für SF₆).

AirPlus ist eine Gasmischung. Für MS-Anwendungen sind über 80 Volumenprozent trockene Luft, der Rest besteht aus einer dielektrischen Flüssigkeit namens NOVEC 5110, einem von 3M beigestellten C5-Fluoroketonmolekül.

Anders als bei SF₆ gelten für AirPlus keine besonderen Vorschriften, was die Handhabung vereinfacht und den administrativen Aufwand reduziert.

ABB hat zwei Schaltanlagenprodukte mit AirPlus auf den Markt gebracht: ZX2 AirPlus für die Primär- und SafeRing AirPlus für die Sekundärverteilung. Diese stellen den ersten Schritt zu einem breiteren AirPlus-Portfolio und den Beginn einer neuen Ära für die GIS-Technik im MS-Bereich dar. ●

Emax 2 wird digital

Im Jahr 2013 präsentierte ABB mit dem Emax 2 einen wegweisenden Niederspannungs-Leistungsschalter mit einer integrierten Energiemanagementfunktion und entwickelte das Produktkonzept von einem reinen Leistungsschalter zu einem echten Power Manager weiter. Doch die Welt der elektrischen Energieverteilung verändert sich rasch, und neue Trends wie regenerative Energien, Energiespeicherung und Mikronetze bringen neue Anforderungen seitens der Kunden und Anwendungen mit sich. Um diese Anforderungen zu erfüllen, hat ABB den innovativen Emax 2 all-in-one entwickelt. Diese Weiterentwicklung des Emax 2 zu einer multifunktionalen Plattform ist in der Lage, die nächste Generation von elektrischen Systemen zu managen: Mikronetze.

Grundlage für die Leistungsfähigkeit des Emax 2 all-in-one sind seine digitalen Funktionen:

- **Steuerung:** optimales Management der Energieressourcen in einem Mikronetz
 - **Konnektivität:** vollständige Integration in das digitale Zeitalter
 - **Benutzerfreundlichkeit:** Komplexität vereinfacht
- Emax 2 all-in-one ist der erste Leistungsschalter, der neuesten Netzanforderungen erfüllt und – als einziger in seiner Klasse – das Potenzial von Daten nutzt und eine direkte Kommunikation mit der neuen cloudbasierten Energiemanagement-Plattform Ekip SmartVision aus dem digitalen ABB Ability-Angebot ermöglicht. Dank einer intelligenten Plug-&-Play-Architektur ist Emax 2 all-in-one besonders bedienungsfreundlich. Damit setzt der Emax 2 erneut Maßstäbe im Hinblick auf die aktuellen und zukünftigen Anforderungen an Leistungsschalter. ●



Verbesserter GLS vereinfacht Kraftwerksschutz



Seit den 1950er Jahren tragen ABB-Generatorleistungsschalter (GLS) zum Schutz von Kraftwerken und zur Vereinfachung von Betriebsabläufen bei. Im ständigen Bestreben, ihre Leistungsfähigkeit weiter zu verbessern, hat ABB den GLS HEC 10-170 für Kraftwerke mit bis zu 1.600 MW entwickelt.

Der HEC 10-170 ist der Nachfolger des HEC 7/8A, der in Hunderten von Kraftwerken weltweit im Einsatz ist. Der HEC 10-170 ist für 170 kA/31,5 kV ausgelegt und besitzt ein kompaktes, aber flexibles Design.

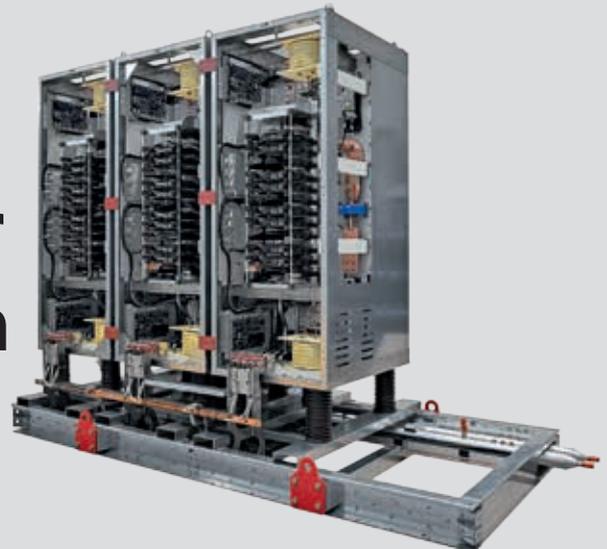
Schwerpunkt der Entwicklung in Zusammenarbeit mit Zulieferern war die Vereinfachung des Designs. Der HEC 10-170 zeichnet sich durch eine Reihe innovativer Lösungen aus, darunter ein neuer Trennschalter mit kurzem Hub, ein radikal vereinfachtes Gestänge und ein hybrides Kühlkonzept auf Wärmerohrbasis. Auch die Werksmontage wurde stark vereinfacht.

Der robuste neue GLS wird im ersten Quartal 2017 auf den Markt kommen. ●

Neuer SVC Light für mittlere Leistungen

Als Teil ihres Portfolios von statischen Blindleistungskompensatoren vom Typ SVC Light hat ABB einen neuen modularen Mehrpunkt-Umrichter (MMC) mit verketteter Chain-Link-Topologie für statische Kompensationsanwendungen (STATCOM) entwickelt.

Der neue Umrichter, der auf den mittleren Leistungsbereich bis ca. 100 MVA abzielt, nutzt eine neue Technologieplattform für rückwärts leitende IGCT-Halbleiter (RC-IGCTs) für 4,5 kV/3 kA und 6,5 kV/2,15 kA. Durch Optimierung der IGCTs für Niederfrequenz-Anwendungen wie netzgekoppelte MMCs werden die niedrigsten Verluste der Branche erreicht. Weitere Vorteile von druckkontaktierten Elementen wie dem IGCT – z. B. gegenüber drahtgebondeten industriellen Modulen – sind die überlegene Lastwechselfestigkeit und der inhärent stabile Kurzschlusszustand. Dies verleiht dem Zellen-Design eine natürliche Robustheit, bei der ein Ausfall des druckkontaktierten Elements nicht zur Explosion oder zum Bruch führt. Ein einzelner Thyristorschalter schützt die Zelle gegen katastrophale



le Schäden bei allen relevanten Ausfallarten und ermöglicht einen fortgesetzten Betrieb des verketteten Umrichters nach Ausfall einer Zelle. Darüber hinaus vereinfacht das Umrichterdesign die Wartung und den Austausch von Komponenten vor Ort.

Der neue SVC Light für mittlere Leistungen kombiniert dieses robuste Zellen-Design mit bewährten ABB-Steueralgorithmen für Anwendungen wie Flickerkompensation an Lichtbogenöfen, Spannungsstützung für erneuerbare Energien und Blindleistungskompensation in Versorgungs- und Bahnnetzen. Für eine maximale Leistungsfähigkeit ist die Anwendungssteuerungssoftware des SVC Light auf der neuen modularen Leitsystemplattform MACH™3 implementiert, die auch für HGÜ-Anwendungen eingesetzt wird. ●

SCARA: der richtige Arm für jeden Job



ABB präsentiert mit dem IRB 910SC ihren ersten SCARA-Roboter (Selective Compliance Articulated Arm) und erweitert damit ihr Portfolio im Bereich der kleineren Industrieroboter um eine schnelle, präzise und kostengünstige Automatisierungslösung.

SCARA-Roboter zeichnen sich durch vier bewegliche Achsen aus: zwei zur Positionierung in der Horizontalen, eine ermöglicht die Bewegung in der Vertikalen und eine die Drehung um die vertikale Achse. Diese Art von Roboter wird häufig für Arbeiten auf einer horizontalen Fläche eingesetzt, die kurze Zykluszeiten, eine hohe Präzision und eine hohe Verfügbarkeit erfordern, wie die Kleinteilmontage, Teileprüfung oder andere Materialhandhabungsanwendungen.

Die neuen SCARA-Roboter besitzen eine Handhabungskapazität von 3 kg nominal und 6 kg maximal

und sind in drei Versionen mit Reichweiten von 450, 550 und 650 mm erhältlich. So kann der Kunde den am besten geeigneten Arm für die jeweilige Aufgabe wählen. SCARA-Roboter sind schneller und – aufgrund der geringeren Zahl von Achsen – häufig kostengünstiger als sechssachsige Roboter. Die SCARA-Roboter nutzen die gleichen Steuerungen wie alle anderen ABB-Roboter. Durch den Einsatz der gleichen grundlegenden Hard- und Softwarearchitektur bleiben Partnern und Kunden unnötige Kosten erspart. Gleichzeitig profitieren sie von einem homogenen roboterbasierten Automatisierungssystem, das über alle Robotertypen und -größen hinweg auf gleiche Weise programmiert, genutzt und gewartet wird. RobotStudio, Integrated Vision und PickMaster sind nur einige Produkte, die mit den SCARA-Robotern genutzt werden können. ●

REACT speichert Sonnenlicht für Regentage

In diesem Jahr revolutionierte ABB den Markt für Photovoltaik (PV) und private Energiespeicherlösungen mit dem REACT-System. Damit können Hauseigentümer und Vermieter nun überschüssige Energie aus ihren PV-Anlagen zur späteren Verwendung speichern. Da das gesamte System (PV-Wechselrichter und Speicher) von ABB stammt, hat der Endkunde nur einen einzigen Ansprechpartner. REACT ist mit Nennleistungen von 3,6 kW und 4,6 kW für einphasige Anwendungen erhältlich. Die 2-kWh-Lithium-Ionen-Batterie garantiert eine Restkapazität von mindestens 60 % nach einer kumulativen Energieabgabe von 9 MWh mit täglichen Lade-/Entladezyklen. Dies bedeutet eine Batterielebensdauer von mindestens 10 Jahren.

Ein einzigartiges Merkmal, das das Produkt von denen anderer Anbieter unterscheidet, ist die Möglichkeit zur Erweiterung der Batteriekapazität von 2 kWh auf 6 kWh durch Hinzufügen weiterer Batteriemodule. Die Optimierung des Energieverbrauchs erfolgt mithilfe der integrierten Energiemanagement-Software, die mit dem (mitgelieferten) Energiezähler am Netzanschlusspunkt gekoppelt ist. Integrierte Kommunikationsmöglichkeiten (Ethernet, WiFi usw.) ermöglichen eine lokale oder dezentrale Datenüberwachung über die Cloud ohne zusätzliche Schnittstellen. Die mobile MyREACT-App zur Überwachung und Steuerung des Systems rundet das Angebot ab. ●

Neues Rekordniveau für Trafospannungen

Im Jahr 2008 setzte ABB mit der Inbetriebnahme der 800-kV-/6.400-MW-UHGÜ-Verbindung (Ultra-Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung) zwischen Xiangjiaba und Shanghai neue Maßstäbe in der HGÜ. Nun bricht das Unternehmen seinen eigenen Rekord mit der Lieferung von Stromrichtern für die Übertragungsleitung zwischen Changji und Guquan (China) mit 1.100 kV und 12.000 MW.

Die Erhöhung des Spannungsniveaus ist eine große Herausforderung für das dielektrische Design der Transformatoren. Dabei geht es nicht nur darum, Erkenntnisse von bisherigen Erhöhungen zu extrapolieren. Da sich die elektrische Feldbelastung, die die Leistungsfähigkeit der Isolierung

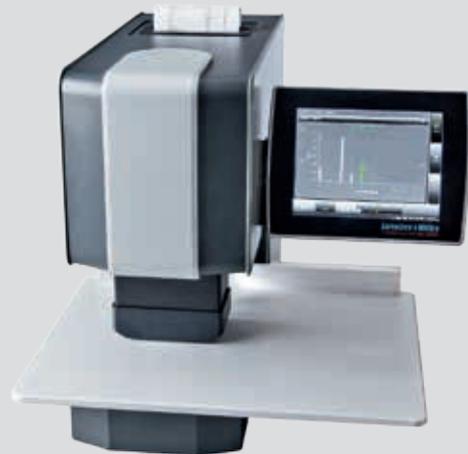
bestimmt, nicht linear verhält, muss das Design der ventiltseitigen Isolierungen vollständig überarbeitet werden.

Durch die hohen Spannungs- und Leistungswerte ist der Transformator auch physisch der größte der Welt. Dies wiederum wirkt sich auf das Design der Durchführungen aus, die sowohl extreme Spannungen als auch sehr hohe Ströme bewältigen müssen. Die für den ersten 1.100-kV-Stromrichtertransformator verwendete Technologie wurde durch ein 2012 abgeschlossenes ehrgeiziges Forschungs- und Entwicklungsprogramm verifiziert, sodass sich die in dem kommerziellen Projekt eingesetzten Lösungen bereits bewiesen haben. ●

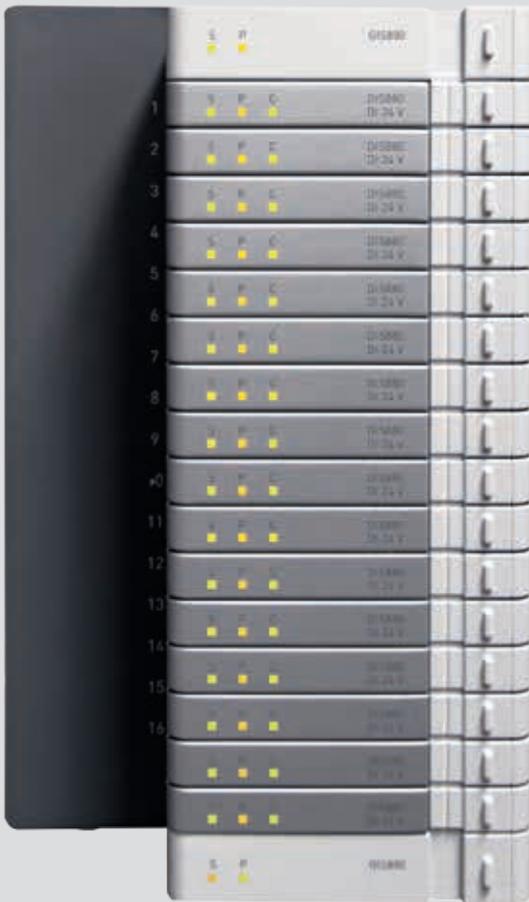
Schnellere und genauere Prüfung der Bedruckbarkeit durch optische Topografie

Ein neues Gerät zur schnellen und genauen Prüfung der Bedruckbarkeit von Papier und Pappe durch Analyse der Oberflächentopografie hilft Papierproduzenten dabei, die Anforderungen von Kunden an einen hochwertigen Druck zu erfüllen. Jahrelange Forschung und Druckstudien von Innventia – dem weltweit führenden schwedischen Institut für Zellstoff- und Papierforschung – haben gezeigt, dass sich durch optische Topografie, d. h. durch Messung kleiner Unebenheiten und Vertiefungen in der Oberfläche, die Farbabdeckung von Papier oder Pappe beim Bedrucken im Flexo-, Tief-, Offset- oder Hybridverfahren besser vorhersagen lässt als mit traditionellen Methoden.

Bei dem Verfahren wird eine Probe in einem genauen Winkel von zwei Seiten beleuchtet, sodass ein stereoskopisches Bild entsteht. Durch Schattenschwurf werden Unebenheiten in der Papieroberfläche aufgezeigt. Diese können dann als Grundlage für eine mathematische Beschreibung der Oberflä-



chentopografie verwendet werden. Auf diesem Messprinzip basiert der L&W OptiTopo, der auf der Grundlage einer Erfindung des Innventia von ABB entwickelt wurde. Der L&W OptiTopo misst die Oberflächenrauigkeit und Vertiefungen mit einer solchen Präzision, dass die Bedruckbarkeit – z. B. das Risiko von nicht von Farbe bedeckten Flächen – genau vorhergesagt werden kann. ●



— Select I/O für System 800xA erhöht die Effizienz von Automatisierungsprojekten

Seit Jahrzehnten kommen bei Automatisierungsprojekten controllerzentrische Leitsystemarchitekturen zum Einsatz. Diese sind mit einer Vielzahl voneinander abhängiger Projektaufgaben verbunden, die im Falle von Änderungen leicht zu erheblichen Kostenüberschreitungen und Verzögerungen führen. ABB hat eine neue I/O-Familie – einschließlich Engineering-Tools und Methodiken – entwickelt, die dieses Szenario verhindert und ein neues Maß an Projekteffizienz ermöglicht, womit Budgetüberschreitungen und Projektverspätungen der Vergangenheit angehören.

Ein Beispiel für eine solche Projektinterdependenz ist, wenn das „Einfrisieren“ eines Designs vor der Hardwarebeschaffung erfolgt und diese wiederum dem Anwendungs-Engineering vorausgehen muss usw. Jegliche Designänderungen wie die Verwendung von anderen I/O-Typen, das Hinzufügen von I/Os, das Verschieben von I/Os zu anderen Controllern usw. führen aufgrund des erforderlichen Arbeitsaufwands zu potenziell kostspieligen Änderungsaufträgen.

Aus diesem Grund hat ABB eine Ergänzung zu den I/O-Lösungen der System 800xA-Familie entwickelt. Select I/O ist eine Einkanal-I/O-Lösung für Prozess- und Sicherheitsanwendungen, die über ein redundantes Industrial-Ethernet-I/O-Netzwerk mit dem System kommuniziert.

Die Select-I/O-Anschlüsse können in einer frühen Projektphase vor Ort installiert und verdrahtet werden, sodass keine platzintensiven Rangierschränke nötig sind. Die Signaltypen können viel später durch Hinzufügen einzelner Signalaufbereitungsmodule definiert werden, was die finanziellen Auswirkungen von späten Änderungen reduziert.

Wenn mehrere Select-I/O-Cluster über ein redundantes Ethernet-Netzwerk kommunizieren, können die I/Os automatisch vor Ort gescannt, konfiguriert und geprüft werden, während parallel das Anwendungs-Engineering bei ABB erfolgt. Diese Parallelisierung heißt „xStream“-Engineering und beinhaltet sogenannte Soft-Marshalling-Funktionen, die beide Projektaufgaben – also das Anwendungs-Engineering und die I/O-Konfiguration vor Ort – kurz vor der endgültigen Inbetriebnahme automatisch zusammenführen.

Somit wird die Automatisierung aus dem kritischen Pfad des Gesamtprojekts herausgenommen. Das Ergebnis sind weniger Überraschungen, weniger Änderungsaufträge, eine frühere Inbetriebnahme sowie glücklichere Eigner und Betreiber. ●

INTERVIEW

Ein Finger am Puls der digitalen Revolution



Guido Jouret

Guido Jouret, Chief Digital Officer bei ABB, spricht mit der ABB Review über die digitale Zukunft und erklärt, wie die digitale Revolution die Geschäfte von ABB und ihren Kunden verändern wird.

AR **ABB Review (AR):** Was meinen wir, wenn wir von einer digitalen Revolution sprechen? Findet die Digitalisierung nicht schon länger statt?

GJ **Guido Jouret (GJ):** Aus der Ferne mit einem Sensor in einer Fabrik kommunizieren zu können, ist nicht wirklich etwas Neues. Doch die Kosten für die Verbindung – nicht nur für die Konnektivität des Geräts selbst, sondern auch für Netzwerk, Server, Software usw. – sind dank Entwicklungen in Bereichen wie der mobilen Kommunikation viel erschwinglicher geworden.

In Fabriken gibt es bereits zahlreiche digitale Geräte. Sie alle erzeugen Daten, doch ein Großteil dieser Daten ist ungenutzt. Durch entsprechende Sammlung, Speicherung und Analyse könnten Fabrikeigentümer ihre Betriebsabläufe optimieren. Auch könnten Sie von ABB genutzt werden, um Serviceleistungen bereitzustellen und die Zuverlässigkeit und den Betrieb von Anlagen zu verbessern. Anstatt die Daten auf einem lokalen Server zu speichern und zu analysieren, könnte dies in der Cloud gemacht werden.

AR Bedeutet das Speichern von Daten in der Cloud nicht, dass der Kunde die Kontrolle darüber verliert?

GJ Keine Online-Speicherung ist absolut sicher. Doch in der Cloud sind Daten normalerweise sicherer als auf einem firmeneigenen Server. Die Anbieter von Cloud-Diensten wissen, dass ihr Ruf auf dem Spiel steht, wenn irgendwelche Kundendaten kompromittiert werden.

Außerdem ist die Cloud-Speicherung in den meisten Unternehmen in anderen Bereichen bereits anerkannt, z. B. indem sie Microsoft Office 365 nutzen. Wenn sensible Geschäftsdokumente der Cloud anvertraut werden können, warum nicht auch Prozessdaten?

AR Über welche Art von Datenanalyse sprechen wir?

GJ Mithilfe von Bibliotheken, die von Unternehmen wie Microsoft oder Google bereitgestellt werden, können wir z. B. eine Bilderkennung durchführen oder Datenströme auf der Basis bisheriger Erfahrungen analysieren.

AR Wird nicht durch die Abhängigkeit von Algorithmen externer Anbieter der Führungsanspruch von ABB untergraben? Schließlich können Mitbewerber die gleichen Bibliotheken nutzen.

GJ In der Tat, das können sie und werden sie auch. Doch betrachten wir es mal so: Unternehmen wie Microsoft und Intel liefern unsere Betriebssysteme und Prozessoren. Wir würden im Traum nicht daran denken, solche Komponenten selbst zu entwickeln. Genauso sind maschinelles Lernen und Cloud-Speicherung nur Werkzeuge. Unser Wettbewerbsvorteil liegt in dem, was wir damit machen.

Uns mit isolierten, kundenspezifischen Lösungen abzukapseln, ist langfristig keine kluge Strategie. Der Markt entwickelt sich in Richtung einer größeren Auswahl. Normen wie die IEC 61850 für die Stationsautomatisierung sorgen dafür, dass Kunden Geräte verschiedener Anbieter frei miteinander kombinieren können. Auswahl ist gut für den Kunden und gut für ABB. Anstatt unser Stück vom Kuchen zu vergrößern, bekommen wir ein Stück von einem größeren Kuchen.

AR Was ist mit der Digitalisierung der Geräte selbst?

GJ Geräte werden immer digitaler. Das Cockpit eines Tesla hat z. B. nur zwei Knöpfe, die nicht über Software arbeiten – der Knopf für die Warnblinker und der Knopf für das Handschuhfach.

Durch Installation neuer Software ist ein Hersteller in der Lage, auch nach Auslieferung des Produkts die Funktionalität zu erweitern oder die Leistungsfähigkeit zu verbessern. Um auf den Tesla zurückzukommen – vor Kurzem kam es zu einem Zwei-

schenfall, als ein Auto im Autopilot-Modus unterwegs war. Der Algorithmus wurde modifiziert, um ein Wiederauftreten des Fehlers zu verhindern, und die neue Software wurde in allen Tesla-Fahrzeugen ferninstalliert. Somit profitierten alle Kunden davon. Dies ist eine radikale Abweichung von der derzeitigen Situation, in der ein Produkt über seine gesamte Nutzungsdauer hinweg unverändert bleibt.

AR Können Sie uns einen Einblick in Technologien geben, die neue Möglichkeiten eröffnen werden?

GJ Nehmen wir als Beispiel nur mal die Blockchain-Technologie, aus der der Bitcoin entstanden ist. Im Wesentlichen ist eine Blockchain eine öffentliche, dezentral geführte Aufzeichnung vergangener Transaktionen. Die Blockchain kann erweitert, aber nicht ohne Weiteres gelöscht werden. Transparenz und Compliance sind wichtig für geschäftliche Aktivität. Wurde ein Angebot abgegeben oder Ware geliefert, ist es wichtig, dass dies bestätigt wird, damit beide Parteien Sicherheit haben.

Automatisierung und Digitalisierung bewegen sich auf der Wertschöpfungskette nach oben. Stromnetze sind auf der Betriebsebene bereits digital: Das Öffnen eines Leistungsschalters ist eine digitale Handlung, aber auf einer höheren Ebene, z. B. bei der Einsatzplanung, kann es noch immer sein, dass jemand zum Telefonhörer greifen muss. Die digitale Revolution wird ganze Betriebe in die digitale Welt befördern.

AR Vielen Dank für das Interview. ●





Schutz und Sicherheit





Elektrizität ist nicht nur die Energiequelle der Wahl für Haushalte, Industrie und Transport, sondern auch für die Infrastruktur, die alles am Laufen hält und den zunehmenden und lebenswichtigen Austausch von Daten ermöglicht. In den kommenden zehn Jahren wird die Nachfrage nach Elektrizität weltweit drastisch zunehmen, weshalb die Kapazität vorhandener Systeme erhöht und neue Anlagen installiert werden müssen, wo bisher keine vorhanden waren.

Eine verstärkte Nutzung bedeutet allerdings auch größere Risiken. Aus diesem Grund spielen Sicherheit und Schutz für ABB als führenden Anbieter innovativer Lösungen und Services für die elektrische Energieerzeugung, -übertragung und -nutzung nach wie vor eine zentrale Rolle.

- 20 Emax 2 und Arc Guard System™ TVOC-2 mindern die Auswirkungen von Störlichtbögen
- 25 IEC 61850 vereint Nieder- und Mittelspannung
- 32 Gut geführt mit Sicherheitsbeleuchtung von ABB
- 34 Trockenisolierung für Kondensator-durchführungen



SCHUTZ UND SICHERHEIT

Emax 2 und Arc Guard System™ TVOC-2 mindern die Auswirkungen von Störlichtbögen

Ein Störlichtbogen ist ein äußerst gefährliches und unerwünschtes Ereignis in einer elektrischen Anlage. Das ABB Arc Guard System TVOC-2 bildet zusammen mit den Leistungsschaltern der Baureihe Emax 2 die Grundlage für eine sehr wirksame Strategie zur Minderung von Schäden durch Lichtbögen in elektrischen Anlagen.



Marco Carminati
ABB Electrification
Products, Protection and
Connection

Bergamo, Italien
marco.carminati@
it.abb.com

Mit Temperaturen von bis zu 20.000 °C und heftigen Druckwellen ist ein elektrischer Störlichtbogen ein äußerst gefährliches und unerwünschtes Ereignis in einer elektrischen Anlage. Die Ursache von Störlichtbögen ist meist menschliches Versagen, eine fehlerhafte Verbindung oder fehlende Maßnahmen gegen das Eindringen kleiner Tiere in die elektrische Anlage. Im Laufe der Jahre wurde viel Arbeit investiert, um die Folgen von Störlichtbögen zu mindern, und ABB bietet bereits seit einigen Jahrzehnten entsprechend wirksame Produkte an. Ein solches Produkt der neuesten Generation ist das ABB Arc Guard System TVOC-2. In Verbindung mit den Leistungsschaltern der Baureihe Emax 2 bietet TVOC-2 Konstrukteuren von elektrischen Anlagen die Möglichkeit, ein System zu konzipieren, das die Auswirkungen von Störlichtbögen erheblich mindert. Die Kombination von TVOC-2 und Emax 2 kann auf verschiedene Weise implementiert werden, sodass nicht nur Lichtbogenergebnisse eingedämmt, sondern auch Ausfallzeiten minimiert werden.

Die meisten Lichtbogenunfälle in elektrischen Anlagen sind auf menschliches Versagen (65% der Unfälle passieren, während an der Anlage gearbeitet wird), fehlerhafte Verbindungen oder eindringende Tiere zurückzuführen. Am häufigsten ereignen sich Unfälle während Wartungs- oder Installationsarbeiten an der Schaltanlage, wenn die Ge-

häusetür geöffnet ist. Bei geöffneter Tür ist die erste Schutzbarriere von lichtbogenbeständigen Schaltanlagen – starke Türen – neutralisiert.

Zum Glück sind Unfälle relativ selten, doch wenn sie passieren, haben sie häufig verheerende Auswirkungen mit schweren oder gar tödlichen Verletzungen und teuren Schäden an der Anlage. Reparatur und Austausch können wiederum lange Ausfallzeiten nach sich ziehen, d. h. ein Lichtbogenergebnis kann sowohl teuer als auch tragisch enden. Aus diesem Grund ist es wichtig, Lichtbögen um jeden Preis zu verhindern. Ist das nicht möglich, müssen die Folgen minimiert werden. Ein Lichtbo-

—
An häufigsten ereignen sich Lichtbogenunfälle während Wartungs- oder Installationsarbeiten an der Schaltanlage bei geöffneter Gehäusetür.

genüberwachungssystem ist somit ein unverzichtbarer Bestandteil eines modernen Schaltanlagenkonzepts. ABB Arc Guard TVOC-2 – die neue Version eines bewährten Lichtbogenüberwachungssystems, das bereits seit über 35 Jahren Menschen und elektrische Geräte vor gefährlichen Störlicht-



Andreas von-Lako
ABB Electrification
Products, Protection and
Connection

Västerås, Schweden
andreas.von-lako@
se.abb.com



01

— 01 Die Leistungsschalter vom Typ Emax 2 (Bild) und ABB Arc Guard System TVOC-2 bilden die Grundlage für eine sehr wirksame Strategie zur Minderung von Schäden durch Störlichtbögen in elektrischen Anlagen.

— 02 Beispiele für die Platzierung der Detektoren im horizontalen und vertikalen Sammelschienensystem und im Leistungsschalterfeld.

bögen schützt – nutzt optische Sensoren zur Erkennung von Lichtbögen. TVOC-2 lässt sich perfekt mit den ABB-Leistungsschaltern der Baureihe Emax 2 zu einem reaktionsschnellen aktiven Schutzsystem kombinieren, das die Auswirkungen von Störlichtbögen begrenzt.

Lichtbogenphänomene

Ein Störlichtbogen ist ein Phänomen, das infolge einer Gasentladung entsteht. Diese tritt auf, wenn die Spannung zwischen zwei Punkten das elektrische Isoliervermögen des dazwischen befindlichen Gases übersteigt. Gase, die unter normalen Bedin-

gungen gute Isolatoren sind, können infolge einer Veränderung ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften zu elektrischen Leitern werden. Unter entsprechenden Bedingungen kann ein Plasma entstehen, das den elektrischen Strom leitet, bis das Schutzgerät auf der Versorgungsseite öffnet. Neben der thermischen Ionisierung kommt es aufgrund eines thermionischen Effekts auch zur Freisetzung von Elektronen am kathodischen Pol des Lichtbogens: Ionen, die aufgrund der sehr hohen Temperatur durch Kollisionen im Gas entstehen, werden durch das elektrische Feld beschleunigt, treffen auf die Kathode und setzen Energie frei.

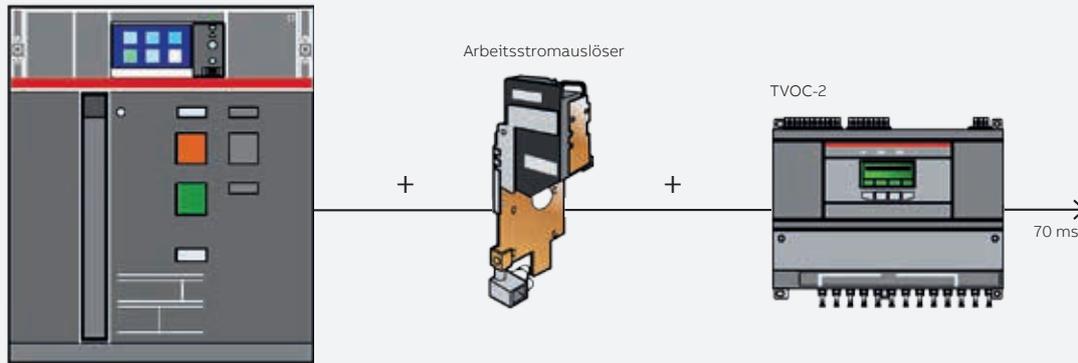
— Ein Lichtbogen kann eine Temperatur von 7.000 bis 8.000 °C, in einigen Fällen auch 20.000 °C erreichen.

Dadurch entsteht eine örtlich begrenzte Erwärmung, die zur Elektronenemission führt. Der hohe Fehlerstrom, der bei einem Lichtbogenereignis fließt, führt zur Überhitzung der Kabel oder Stromschienen, bis diese schmelzen. Schmilzt ein Leiter, entspricht dies den Bedingungen beim Öffnen eines Stromkreises: Es entsteht ein Lichtbogen, der erhalten bleibt, bis die Schutzgeräte reagieren



02 a Horizontales und vertikales Sammelschienensystem b Leistungsschalterfeld

Emax 2



03

oder solange die für sein Bestehen erforderlichen Bedingungen gegeben sind. Der Lichtbogen bewirkt eine starke Ionisierung des umgebenden Gases, einen Abfall der Anoden- und Kathoden-Spannung und eine sehr hohe Stromdichte in der Mitte der Stromsäule (in der Größenordnung von 100 A/cm^2). Außerdem herrschen sehr hohe Temperaturen (mehrere Tausend $^{\circ}\text{C}$) in der Mitte der Stromsäule und – in Niederspannungsanwendungen – über einen Abstand von einigen Mikrometern bis zu einigen Zentimetern.

—
TVOC-2 lässt sich perfekt mit den Emax 2-Leistungsschaltern zu einem reaktionsschnellen aktiven Schutzsystem kombinieren, das die Auswirkungen von Störlichtbögen begrenzt.

Auswirkungen von Lichtbögen in Schaltanlagen

Die ersten Momente der Lichtbogenbildung in einem Schaltfeld lassen sich schematisch in vier Phasen unterteilen:

- **Komprimierungsphase:** In dieser Phase wird das vom Lichtbogen beanspruchte Luftvolumen aufgrund der stetigen Energiezufuhr durch die Stromversorgung überhitzt. Durch Konvektion und Strahlung erwärmt sich das verbleibende Luftvolumen innerhalb des Felds. Temperatur und Druck sind anfänglich inhomogen.
- **Ausdehnungsphase:** Vom ersten Moment des inneren Druckanstiegs an bildet sich meist ein Loch im Gehäuse, durch das die überhitzte Luft entweicht. In dieser Phase erreicht der Druck seinen Höchstwert und beginnt dann aufgrund des Ausströmens der heißen Luft zu sinken.
- **Emissionsphase:** In dieser Phase wird aufgrund der stetigen Energiezufuhr durch den Lichtbogen nahezu die gesamte Luft aus dem Gehäuse gepresst.

- **Thermische Phase:** Nach dem Ausströmen der Luft erreicht die Temperatur innerhalb der Schaltanlage nahezu die Temperatur des Lichtbogens. In dieser letzten Phase, die bis zum Löschen des Lichtbogens andauert, erodieren Materialien, die mit dem Lichtbogen in Berührung kommen, unter Entstehung von Gasen, Rauch und geschmolzenen Metallpartikeln. Entsteht ein Lichtbogen in einer offenen Konfiguration, treten einige der Phasen nicht auf oder haben geringere Auswirkungen. Es kommt jedoch in jedem Fall zu einer Druckwelle und einem Anstieg der Temperatur im Bereich des Lichtbogens.

Auswirkungen auf den Menschen

Die auftretenden Effekte machen den Aufenthalt in der Nähe eines Lichtbogens zu einer gefährlichen Sache:

- **Druck:** In einer Entfernung von etwa 60 cm von einem Störlichtbogen mit einer Stärke von 20 kA ist ein Mensch einer geschätzten Kraft auf seine Körperfläche von 225 kg ausgesetzt. Die auftretende Druckwelle kann zu einer dauerhaften Schädigung des Trommelfells führen.
- **Temperatur:** Ein Lichtbogen kann ohne Weiteres eine Temperatur von 7.000 bis 8.000 $^{\circ}\text{C}$, in einigen Fällen auch bis zu 20.000 $^{\circ}\text{C}$ erreichen.
- **Schall:** Der Schallpegel kann bis zu 160 dB betragen (ein Schuss aus einer Flinte liegt bei nur 130 dB) und das Gehör schädigen.
- **Auswurf:** Mit hoher Geschwindigkeit umherfliegende Teile stellen eine offensichtliche Gefahr dar, insbesondere für die Augen.
- **Strahlung:** Ultraviolett- und Infrarotstrahlung können die Hornhaut und die Netzhaut verletzen.
- **Giftige Gase:** Der Rauch bzw. die Dämpfe, die beim Verbrennen von Isolierstoffen und beim Schmelzen oder Verdampfen von Metall entstehen, können giftig sein.

Mit anderen Worten, die Auswirkungen eines Lichtbogens sind vergleichbar mit denen einer Explosion.

—
03 Emax 2-Leistungsschalter in Reihe mit einem Arbeitsstromauslöser und TVOC-2.

—
04 Ekip Touch/Hi-Touch Schutzauslöser für den Emax 2 und ein Ekip Signaling 2K Meldemodul ermöglichen kürzere Auslösezeiten.

Passiver und aktiver Schutz

Es gibt drei Konstruktionskonzepte, um die Sicherheit bei der Installation und für Bedienpersonal im Falle eines Störlichtbogens in einer Niederspannungs-(NS-)Schaltanlage zu gewährleisten:

- Anlagen mit mechanischer Lichtbogenbeständigkeit (passiver Schutz)
- Anlagen mit Geräten zur Begrenzung der Auswirkungen von Störlichtbögen (aktiver Schutz)
- Anlagen mit strombegrenzenden Leistungsschaltern

Diese drei Lösungen werden (auch in Kombinationen) von den führenden Herstellern von NS-Schaltgerätekombinationen erfolgreich eingesetzt. Die Kombination aus ABB TVOC-2 und Emax-2 ist ein aktives Schutzkonzept. Beim aktiven Schutz gibt es zwei Hauptansätze zur Begrenzung der zerstörerischen Wirkung von Lichtbögen:

ABB Arc Guard TVOC-2 nutzt optische Sensoren zur Erkennung von Lichtbögen.

Drucksensoren zur Erkennung der Überdruckwelle

Es können Drucksensoren installiert werden, die die Druckspitze im Zusammenhang mit der Zündung des Lichtbogens melden. Dieses Signal wirkt auf den Leistungsschalter auf der Versorgungsseite, ohne die Auslösezeit der Selektivitätsschutzeinrichtungen abzuwarten, die naturgemäß länger ist. Die Verzögerung liegt in etwa bei 10 bis 15 ms. Ein solches System benötigt keine elektronische Verarbeitungseinheit, da es direkt auf den Arbeitsstromauslöser des Leistungsschalters wirkt. Entscheidend ist natürlich die Einstellung des Geräts auf einen festen Auslöseschwellenwert. Allerdings ist es schwierig, den Schwellenwert im Voraus zu definieren, da der Wert des Überdrucks, der bei einem Störlichtbogen in einer Schaltanlage auftritt, nicht deterministisch ist.

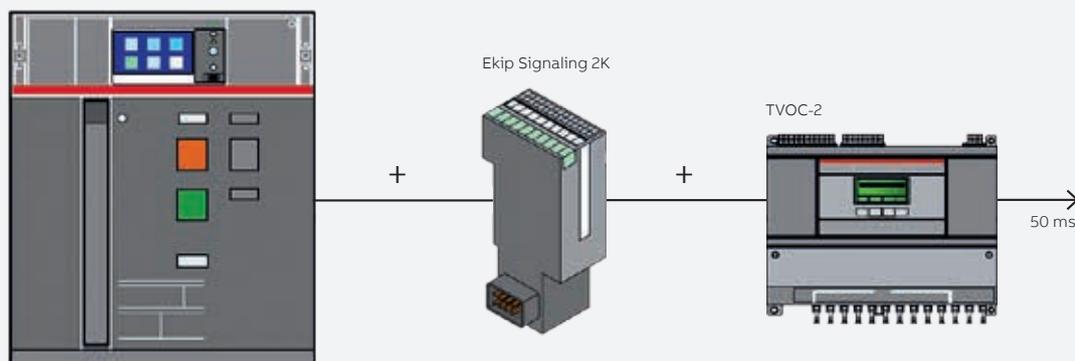
Lichtdetektoren

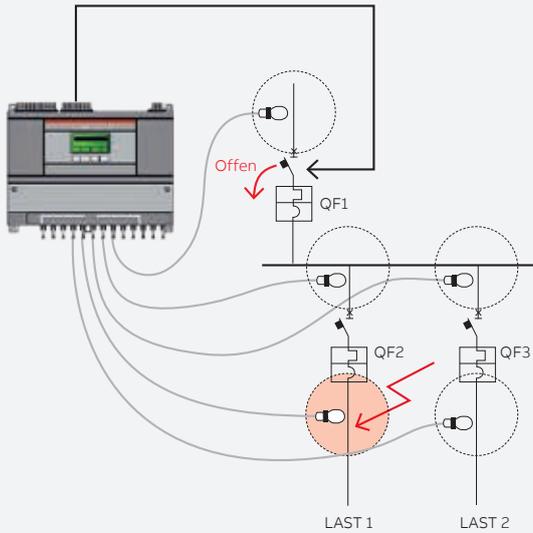
Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Anlage mit Detektoren zu versehen, die den Lichtstrom erkennen, der im Zusammenhang mit dem Lichtbogenphänomen auftritt, und ein Auslösesignal an den Leistungsschalter senden. In diesem Fall beträgt die Reaktionszeit der Erkennung etwa 1 ms. Auf diesem Prinzip basiert auch das Arc Guard System TVOC-2. Beispiele für die Platzierung der Detektoren sind in →1–2 dargestellt. Idealerweise wird in jedem Schrankelement mindestens ein Detektor installiert und strategisch so platziert, dass Überschneidungen zwischen Erkennungszonen vermieden werden. Die Sensoren werden so kalibriert, dass sie die gleiche Lichtempfindlichkeit besitzen. Ihre Ausrichtung ist relativ unkritisch, da ihre Fischaugen-Optik einen großen Erfassungswinkel bietet.

Um Fehlauflösungen aufgrund von Kamerablitz oder Sonnenlicht zu vermeiden, kann die Lichtbogenüberwachung mit einem Stromsensor kombiniert und so eingestellt werden, dass sie nur auslöst, wenn auch ein Überstrom registriert wird. Für zusätzliche Immunität gegen Störungen sorgen Lichtwellenleiterkabel, die nicht nur schnell, sondern auch unempfindlich gegenüber den mit einem Störlichtbogen verbundenen elektromagnetischen Störungen sind.

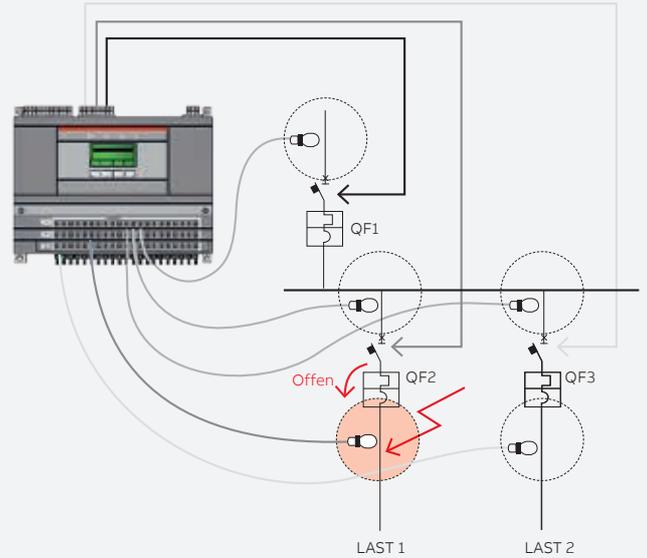
Ergänzt wird das TVOC-2 durch den Leistungsschalter Emax 2. Der Emax 2 ist für Stromstärken bis 6.300 A ausgelegt und enthält ein Schutzauslöserrelais mit integriertem Power Controller, der den Energieverbrauch misst und auswertet und so eine Steuerung der Lasten im Hinblick auf Spitzenbedarfszeiten ermöglicht. Der Leistungsschalter ist benutzerfreundlich und lässt sich dank seiner umfangreichen Konnektivität einfach in Smart Grids, Gebäude und Industrieanlagen integrieren. Das bedeutet auch, dass er problemlos mit dem TVOC-2 zu einer schnell reagierenden Lichtbogenschutzlösung kombiniert werden kann.

Emax 2





QF1 offen: LAST 1 und LAST 2 nicht gespeist

QF1 und QF3 geschlossen: LAST 2 gespeist
QF 2 geöffnet: LAST 1 isoliert

05

— Bei einer nicht selektiven Konfiguration kann beim Auslösen die gesamte Anlage abgeschaltet werden.

— Einzelne Lichtsensoren können mit bestimmten TVOC-2-Ausgängen verbunden werden, um ein selektives Auslösen der Leistungsschalter zu ermöglichen.

Arbeiten mit dem Leistungsschalter

Eine mögliche Konfiguration ist ein Lichtbogenüberwachungssystem bestehend aus TVOC-2 und Emax 2 mit einem Arbeitsstromauslöser →3. Eine wesentlich kürzere Ausschaltzeit lässt sich jedoch durch den Einsatz der Schutzauslöser Ekip Touch/Hi-Touch für den Emax 2 zusammen mit einem Ekip Signaling 2K Meldemodul erreichen →4. Ekip Touch/Hi-Touch sind eine neue Generation von einfach zu programmierenden und abzulesenden Schutzauslösern. Die Module können über ihre MMS (Mensch-Maschine-Schnittstelle) oder mithilfe der Ekip Connect Software auf einem Laptop programmiert werden. Die Ekip Touch/Hi-Touch Schutzauslöser messen Leistung und Energie mit hoher Präzision und archivieren die letzten Alarme, Ereignisse und Messwerte, um Ausfälle der Anlage zu vermeiden oder – wenn erforderlich – wirksam einzugreifen. Diese Anordnung ermöglicht eine erhebliche Verkürzung der Gesamtausschaltzeiten, da diese nicht mehr vom Arbeitsstromauslöser abhängen, sondern vom direkt von der elektronischen Einheit ausgelösten Öffnen des Leistungsschalters.

Beispiele für die steuerbare Betriebslogik

Eine TVOC-2-Einheit kann bis zu drei verschiedene Ausgangskontakte steuern (an die wiederum mehrere Schalter angeschlossen werden können). Jedem der drei Kontakte kann eine bestimmte Anzahl von Lichtsensor-Eingängen zugeordnet werden. Diese Selektivität ermöglicht eine Differenzierung beim Auslösen der Leistungsschalter: Anstatt bei einem Lichtbogen die gesamte Anlage abzuschalten →5, werden nur betroffene Abschnitte isoliert. Zur Vereinfachung sind in den Abbildungen nur fünf der 30 möglichen Lichtsensoren dargestellt.

06

Wichtiger Lichtbogenschutz

Lichtbogenschutzsysteme sind zu einem unverzichtbaren Element bei der Konstruktion von elektrischen Schaltanlagen geworden. Da sie die Kosten für Ausfallzeiten und Schäden mindern, bieten einige Versicherungsgesellschaften sogar reduzierte

— In Verbindung mit dem Emax 2 gewährleistet TVOC-2 die Sicherheit von Personen auch bei geöffneter Gehäusetür und bietet einen umfassenden Lichtbogenschutz.

Prämien bei Verwendung solcher Systeme an. Auch in der Gesetzgebung hält der Schutz gegen Lichtbogenunfälle zunehmend Einzug. So verlangt die Niederspannungsrichtlinie der Europäischen Union Maßnahmen zur Verhinderung von Schäden durch außergewöhnliche Wärme, wie sie z. B. durch Störlichtbögen verursacht wird.

In Kombination mit dem Leistungsschalter Emax 2 gewährleistet TVOC-2 die Sicherheit von Personen auch bei geöffneter Gehäusetür und bietet einen umfassenden Lichtbogenschutz. Durch die Kommunikationsmöglichkeit zwischen dem Emax 2 Ekip und dem TVOC-2 über Modbus RTU kann der Kunde schnelle und genaue Informationen über Auslöseorte und Fehler erhalten. Die Kombination aus TVOC-2 und Emax 2 ist eine der zuverlässigsten Lichtbogenschutzprodukte auf dem Markt. ●

 SCHUTZ UND SICHERHEIT

IEC 61850 vereint Nieder- und Mittelspannung

Die IEC 61850 bietet den Rahmen für die Konzeption und den Betrieb eines vollständig integrierten Schutz- und Überwachungssystems für den Nieder- und Mittelspannungsbereich auf der Basis von intelligenten elektronischen Geräten wie den ABB-Schutzrelais REF und den ABB-Leistungsschaltern Emax 2.



Enrico Ragaini
ABB Electrification
Products, Protection and
Connection

Bergamo, Italien
enrico.ragaini@it.abb.com

Die Normenreihe IEC 61850 ist ein anerkannter Standard im Bereich des Hoch- und Mittelspannungsschutzes, der nun zunehmend auch für Niederspannung-(NS-)Anwendungen genutzt wird →1. Zu den Geräten, die von einer Funktionalität gemäß IEC 61850 profitieren, gehören intelligente elektronische Geräte (IEDs) wie die Mittelspannungs-(MS-)Schutzrelais der REF-Reihe und die NS-Leistungsschalter Emax 2 von ABB. Miteinander kombi-

niert ermöglichen sie die Konzeption und den Betrieb eines vollständig integrierten Schutz- und Überwachungssystems, das sowohl den Niederspannungs- als auch den Mittelspannungsbereich umfasst. Die IEC 61850 dient dabei als gemeinsame Grundlage für die Realisierung von Funktionen wie erweiterte logische Selektivität auf Basis direkter Gerätekommunikation (Device-to-Device), Echtzeitdiagnose und integriertes Engineering.



Damiano Benedetti
ABB Electrification
Products, Distribution
Automation

Dalmine, Italien
damiano.benedetti@
it.abb.com

01



— 01 Die Anwendung der IEC 61850 auf NS-Systeme ermöglicht eine erhebliche Verbesserung von Schutz- und Überwachungssystemen. Das Bild zeigt NS- und MS-Schaltanlagen, die kürzlich von ABB für einen Kunden bereitgestellt wurden.

— 02 Vereinfachtes Blockschaltbild der GOOSE-Kommunikation.

— 03 GOOSE-basierte NS-/MS-Diagnose.

ABB hat diese innovative Technologie kürzlich in Italien implementiert, wo das Unternehmen ein NS- und MS-Schutzsystem auf Basis der IEC 61850 in einer Eiscremefabrik installiert hat.

Die IEC 61850 ist ein etablierter Kommunikationsstandard für die Stationsautomatisierung. Sie bietet jedoch mehr als nur eine Reihe trockener Regeln. Vielmehr kann sie als Grundlage für ein komplettes elektrisches Designkonzept dienen, das das gesamte Schutz-, Steuerungs- und Überwachungssystem umfasst. Im Gegensatz zu anderen Protokollen für die Industrieautomatisierung wurde die IEC 61850 speziell auf die immer komplexer werdenden Anforderungen der Stationsautomatisierung ausgerichtet. Ein wichtiges Kriterium ist eine grundlegende Interoperabilität, die dafür sorgt, dass Geräte verschiedener Hersteller ohne maßgeschneiderte Gateways oder andere Engineering-intensive Maßnahmen in ein und dasselbe System integriert werden können.

Obwohl die IEC 61850 für die Stationsautomatisierung entwickelt wurde, kann sie auf Schutzsysteme in allen elektrischen Anlagen, sowohl im industriellen als auch gewerblichen Bereich, angewendet werden. Tatsächlich ist die IEC 61850 aufgrund der höheren Zuverlässigkeit, der feineren Selektivität, der kürzeren Fehlerreaktionszeiten und der Möglichkeit zur Implementierung von Fehlertoleranz und integrierter Diagnose das Protokoll der Wahl für viele kritische Prozessleitsysteme in Chemie-

anlagen, Ölanlagen, Rechenzentren, maritimen Anwendungen usw.

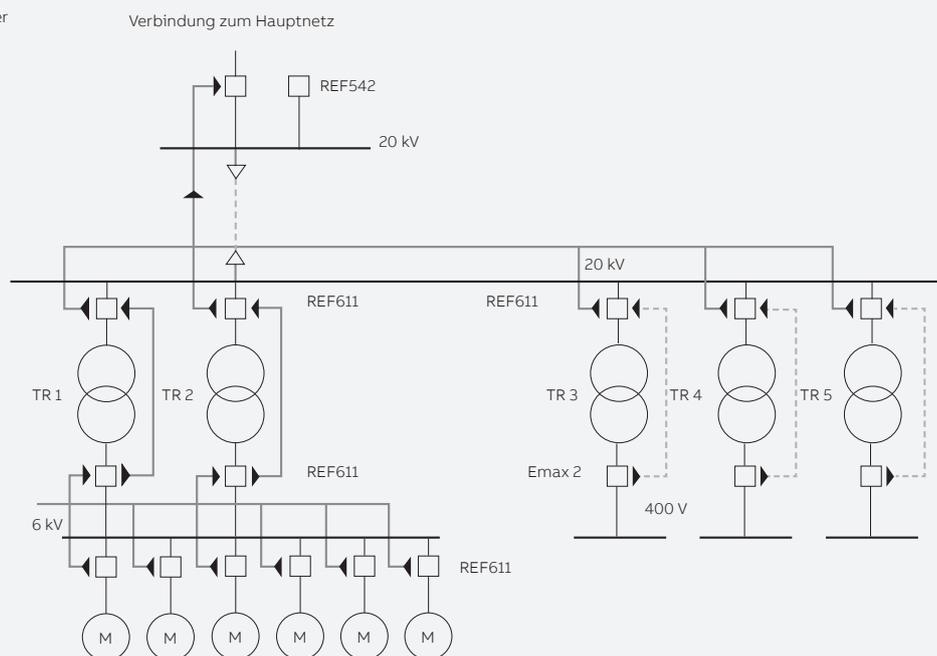
GOOSE

Aus Sicht der Datenkommunikation ist die IEC 61850 auf die Bedürfnisse elektrischer Schutzsysteme zugeschnitten. Doch zwischen diesen Systemen und Prozessleitsystemen gibt es einige

Die IEC 61850 kann als Grundlage für ein komplettes elektrisches Designkonzept dienen, das das gesamte Schutz-, Steuerungs- und Überwachungssystem umfasst.

grundlegende Unterschiede, die die Implementierung der Kommunikation beeinflussen. Die Prozesssteuerung ist normalerweise auf die Implementierung von Regelkreisen ausgelegt. Dabei werden Messwerte von Sensoren an einen Regler übermittelt. Dieser führt bestimmte Regelalgorithmen aus und erzeugt Ausgangsgrößen, die wiederum an Stellglieder übermittelt werden. Dies wiederholt sich auf zyklische Weise, wobei die Abtastfrequenz und Zykluszeit unbedingt eingehalten werden müssen. Sind die Regler, Sensoren und Stellglieder über ein Netzwerk oder einen Feldbus

- Schutz / Leistungsschalter
- ◀ Datenfluss
- GOOSE MS -> MS
- - GOOSE NS -> MS



verbunden, teilen sich viele Regelkreise die verfügbare Bandbreite in einem sogenannten Rundlauf-Verfahren (Round Robin). Bei der Konzeption eines solchen Systems geht es häufig darum, so viele zyklische Datenpakete wie möglich in der verfügbaren Bandbreite unterzubringen.

In jedem Zyklus erfolgen das Auslesen der Sensoren und das Ansteuern der Stellglieder nur zu festen Zeiten, wobei das Schritintervall von der Zyklusdauer bestimmt wird. Diese in der Designphase festgelegte Zyklusdauer bewirkt eine Ver-

Die effektive Handhabung einer ereignisbasierten Kommunikation ist eines der Unterscheidungsmerkmale der IEC 61850.

zögerung zwischen der Änderung einer Messgröße und dem Ansteuern des entsprechenden Stellglieds. Eine solche Verzögerung ist unproblematisch, solange sie mit den Zeitkonstanten des zu regelnden Prozesses vereinbar ist.

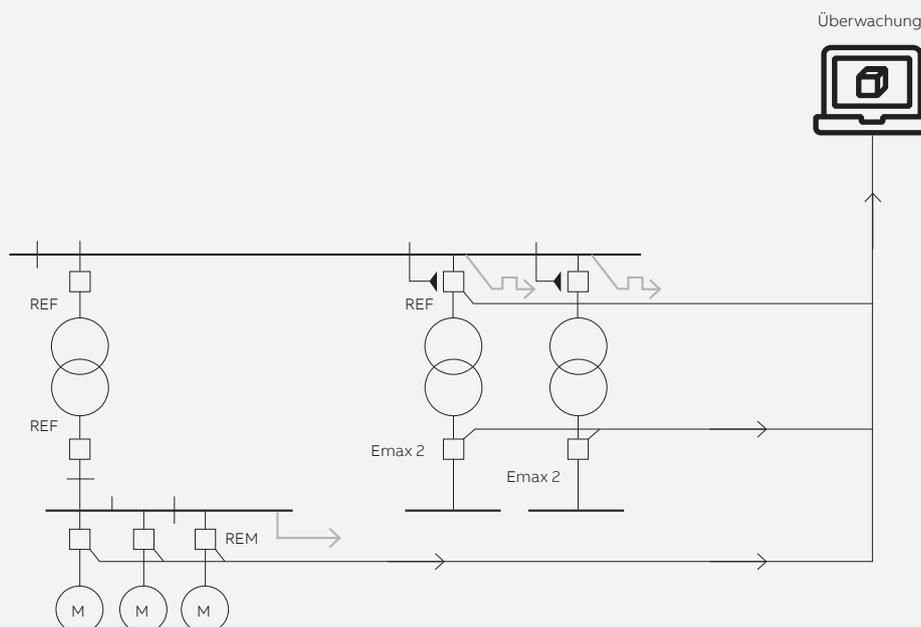
Schutzsysteme und die Überwachung elektrischer Anlagen folgen einem anderen Konzept. Hier werden elektrische Größen vom Überwachungssystem in relativ langsamen Zyklen gemessen, und die

Messgrößen werden normalerweise nicht in Regelkreisen genutzt. Kommt es aber zu einem Fehler, müssen die Schutzgeräte, die den Fehler erkannt haben, so schnell wie möglich Fehlerinformationen übertragen, da andere Geräte anhand dieser Informationen entscheiden müssen, welcher Leistungsschalter abschalten soll. Fände eine solche Übertragung in einem Rundlauf- oder anderen zyklischen Verfahren statt, bei dem das Gerät auf den Zugang zum Kommunikationsmedium warten muss, hätte dies inakzeptable Verzögerungen zur Folge. Die effektive Handhabung einer solchen nicht zeit-, sondern ereignisbasierten Kommunikation ist eines der Unterscheidungsmerkmale der IEC 61850. Umgesetzt wird sie mithilfe spezieller Datenpakete, die als GOOSE-Nachrichten (Generic Object Oriented Substation Event) bezeichnet werden. Bei GOOSE-Nachrichten ist das entscheidende technische Merkmal nicht die Zyklusdauer, sondern die Latenz, d. h. die Verzögerung zwischen einem Ereignis und der Übertragung relevanter Informationen im Netzwerk →2.

Eine wesentliche Eigenschaft von GOOSE-Nachrichten ist, dass sie neben der üblichen vertikalen Kommunikation zwischen Geräten und einem Überwachungssystem auch für die horizontale Kommunikation (d. h. Peer-to-Peer) zwischen Geräten verwendet werden können.

So kann eine logische Selektivität oder Funktionsperre zwischen zwei Leistungsschaltern durch direkten Nachrichtenaustausch zwischen den

— Normaler Zustand



—
04 Installationsarbeiten
beim Kunden.

—
05 Gesamtansicht der
von ABB für einen Kunden
bereitgestellten NS- und
MS-Schaltanlagen.

betreffenden Geräten implementiert werden, ohne dass der Vorgang von einer zentralen Verarbeitungseinheit gesteuert werden muss. Eine horizontale Kommunikation verbessert sowohl die Leistungsfähigkeit (kürzere Gesamtreaktionszeit und effizientere Nutzung des Kommunikationskanals) als auch die Zuverlässigkeit (da ein Ausfall der Zentraleinheit das gesamte Schutzkonzept beeinträchtigen würde).

—
Ein wichtiges Kriterium ist eine grundlegende Interoperabilität, die dafür sorgt, dass Geräte verschiedener Hersteller in ein und dasselbe System integriert werden können.

Neben der Fehlersignalisierung können GOOSE-Nachrichten auch zur Implementierung eines integrierten Diagnosemechanismus im Schutzsystem verwendet werden. Jedes Gerät kann so konfiguriert werden, dass es regelmäßig (z. B. jede Sekunde) eine GOOSE-Nachricht an andere Geräte sendet, um zu melden, dass sein Status normal ist.

Bleiben diese Meldungen aus, können die jeweiligen Empfänger Alarmmeldungen senden, in einen vordefinierten sicheren Modus schalten oder andere Maßnahmen initiieren →3. Da die Diagnosemeldungen dasselbe Kommunikationsmedium nutzen wie andere Datenpakete, ist keine zusätzliche Hardware erforderlich.

Engineering und Konfiguration

Weitere Vorteile bietet die IEC 61850 im Hinblick auf Engineering- und Konfigurationsprozesse. Aufgrund der hohen Komplexität und Anzahl der beteiligten Geräte wäre die Konzeption eines Schutzsystems ohne einen strukturierten, computergestützten Prozess unmöglich. Die ungeheure Menge an Details würde den Ingenieur überwältigen und zu kritischen Fehlern führen. Um dies zu vermeiden, setzt die IEC 61850 auf die Standardisierung von Objekten und Datentypen sowie auf formelle elektronische Beschreibungen.

Die zum Schutz eingesetzten IEDs können sehr komplex sein. Die IEC 61850 bewältigt dies, indem jedes Gerät als eine Reihe logischer Objekte beschrieben wird, die in die Endanwendung übertragen werden können. Dabei sind die Objekte so abstrakt, dass sie für verschiedene Arten von Geräten von unterschiedlichen Herstellern verwendet werden können, aber realistisch genug, um für den





05

jeweiligen Engineering-Job anwendbar zu sein. Beispiele für solche Objekte sind Überstromschutz, Strom- und Spannungsmessung, Steuerung eines Schalters usw.

Den Grundpfeiler des IEC 61850-Datenmodells bildet ein Katalog von standardisierten logischen Objekten mit klar definierten Bedeutungen sowie gültigen Parametern und Datenelementen. Alle IEC 61850-konformen Geräte nutzen die gleichen

Objekte zur Implementierung der gleichen Funktion, sodass in einer Endanwendung Objekte auf gleiche Weise miteinander kombiniert werden können.

Eine solche Standardisierung reicht bis zu den Objektnamen (z. B. steht PTOC immer für einen Überstromschutz), was Entwicklern die Erkennung und Verwendung erleichtert. Die Datentypen sind ebenfalls in der IEC 61850 festgelegt, sodass z. B. das Ergebnis einer Messung zusammen mit dem





06

—
06 Transformatorfeld bei einem Kunden.

—
07 GOOSE-basierte Selektivität für das Auslösen von Leistungsschaltern.

dazugehörigen Namen, den Maßeinheiten, Qualitätsangaben usw. definiert ist, um die Wahrscheinlichkeit von Fehlern zu reduzieren.

Darüber hinaus definiert die IEC 61850 ein einheitliches elektronisches Format zur Beschreibung von Geräten und Systemen.

—
Eine wesentliche Eigenschaft von GOOSE-Nachrichten ist, dass sie für die Peer-to-Peer-Kommunikation zwischen Geräten verwendet werden können.

Alle Geräte – d. h. in diesem Fall alle IEDs – werden jeweils in einer Datei beschrieben, die in SCL (Substation Configuration Description Language) verfasst ist und in der alle Eigenschaften und logischen Objekte des Geräts aufgeführt sind.

SCL-Dateien können mit IEC 61850-konformen Software-Engineering-Tools gelesen und bearbeitet werden, was für einen reibungslosen Prozess sorgt und Fehler verhindert.

Eine solche formalisierte Beschreibungssprache hat den wichtigen Nebeneffekt, dass sie die Interoperabilität zwischen Geräten verschiedener Hersteller vereinfacht: Solange die zu implementierenden Objekte in der SCL-Datei beschrieben sind, braucht sich der Benutzer nicht um ihre innere Funktionsweise zu kümmern.

IEC 61850 verbindet den Nieder- und Mittelspannungsbereich

Die meisten IEDs sind Schutzrelais in MS-Anlagen. Doch auch im Niederspannungsbereich lassen sich durch Anwendung der IEC 61850 bedeutende Vorteile realisieren. Dies ist z. B. möglich durch den Einsatz der ABB-Leistungsschalter Emax 2, den ersten offenen Leistungsschaltern, die eine native IEC 61850-Schnittstelle bereitstellen.

Auch die digitale Schutzeinheit Ekip von ABB, die mit Emax-2-Leistungsschaltern für 800 bis 6.300 A installiert und mit einer Reihe von Kommunikationsprotokollen ausgestattet werden kann, ist ebenfalls IEC 61850-kompatibel. Dadurch kann eine vollständige Integration von NS- und MS-Schutz- und Überwachungssystemen verbunden mit einer deutlichen Verbesserung der Zuverlässigkeit und einer reibungsloseren, vereinheitlichten Schnittstelle zu Überwachungssystemen realisiert werden.

IEC 61850 für eine Eiscremefabrik

Ein besonderes Beispiel einer solchen Integration sind die NS- und MS-Schaltanlagen, die kürzlich von ABB für einen Kunden in Ferentino, Italien bereitgestellt wurden. Bei der Anlage handelt es sich um die größte Eiscremefabrik ihrer Art, in der einige der bekanntesten Sorten Italiens hergestellt werden.

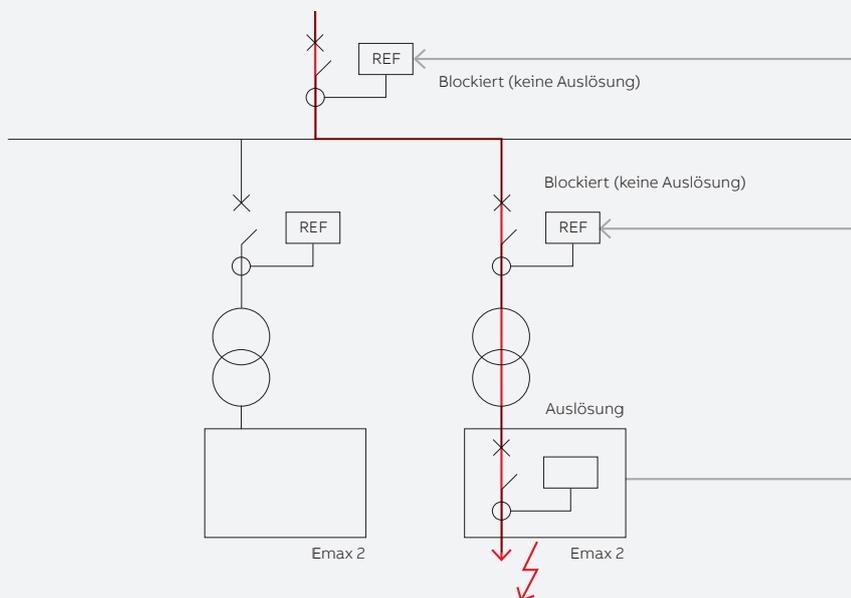
Die Emax 2 von ABB sind die ersten offenen Leistungsschalter, die eine native IEC 61850-Schnittstelle bereitstellen.

Die Installation umfasst ein 20-kV-Hauptschaltfeld mit UniSec-Schaltanlagen zur Anbindung an das öffentliche Stromnetz und ein zweites Schaltfeld zur Versorgung mehrerer 4-MVA- und 3-MVA-Transformatoren. Die Transformatoren wiederum speisen ein 6-kV-Schaltfeld, über das die Prozessmotoren und die NS-Verteilungen versorgt werden. Die Schalttafeln der NS-Verteilungen stammen von einem Drittanbieter und sind mit ABB Emax-2-Leistungsschaltern ausgerüstet. Alle MS-Relais (REF611, REF542+ und RIO600) und REM-Motor-schutzgeräte sind durch einen IEC 61850-Bus verbunden. An diesen sind auch die drei Hauptleistungsschalter vom Typ Emax 2 angeschlossen, die als Haupteinspeisung für den NS-Teil dienen →4–6.

Die Anwendung der IEC 61850 auf die NS- und MS-Schutzsysteme ermöglicht die Implementierung verschiedener erweiterter Funktionen. Die wichtigste davon ist eine logische Selektivität im Falle eines Kurzschlusses. Kommt es in einem der MS-Motorabgänge zu einem Kurzschluss, sendet das entsprechende Schutzrelais sofort eine GOOSE-Nachricht an die davor liegenden Schutzgeräte (REFs für den Transformator- und Schnittstellenschutz), sodass diese nicht auslösen. Lediglich der dem Fehler am nächsten liegende Leistungsschalter erhält den Befehl zum Öffnen →7. So wird ein unnötiger Versorgungsausfall in anderen Anlagenteilen vermieden und die Prozessverfügbarkeit maximiert.

Genauso sendet bei einem Kurzschluss auf der NS-Seite der betroffene Emax 2 bei der Fehlerklärung eine GOOSE-Nachricht an die REFs, um ein unnötiges Auslösen der MS-Leistungsschalter zu verhindern.

Neben einer verbesserten logischen Selektivität und einer höheren Gesamtzuverlässigkeit ermöglicht die Verwendung eines einzigen Protokolls eine einheitliche Schnittstelle für die Anlagenüberwachung, sodass dem Bedienpersonal mehr und höherwertige Daten für einen optimalen Betrieb der Anlage zur Verfügung stehen. ●



SCHUTZ UND SICHERHEIT

Gut geführt mit Sicherheits- beleuchtung von ABB

Das Sicherheitsbeleuchtungssystem Guideway bzw. Primora von ABB erhöht die Sicherheit im nachhaltigsten Gebäude der Welt – und liefert über einen Zeitraum von 12 Jahren Einsparungen in Höhe von 57 % für Energie und Instandhaltung.



Barbara Brokken
ABB Electrification Products,
Installation Products
Emergency Lighting

Barendrecht, Niederlande
barbara.brokken@tnb.com

Wie kombiniert man mehr Sicherheit mit einem niedrigen Energieverbrauch in einer ultimativen Designumgebung? Das nachhaltigste Gebäude der Welt, The Edge in Amsterdam, setzt mit dem Primora-System von ABB (das im englischsprachigen Raum unter dem Namen „Guideway“ vermarktet wird) neue Maßstäbe im Bereich der Sicherheitsbeleuchtung. Die grünen Piktogramme sind bei Tageslicht optimal sichtbar, und die leistungsstarke LED-Beleuchtung ist um 57% sparsamer als gewöhnliche Leuchtstoffröhren. Dank des rahmenlosen Designs ist die Leuchte trotz des auffälligen Piktogramms unaufdringlich. So fügt sich die Primora clever in die Umgebung ein →1.



01

02

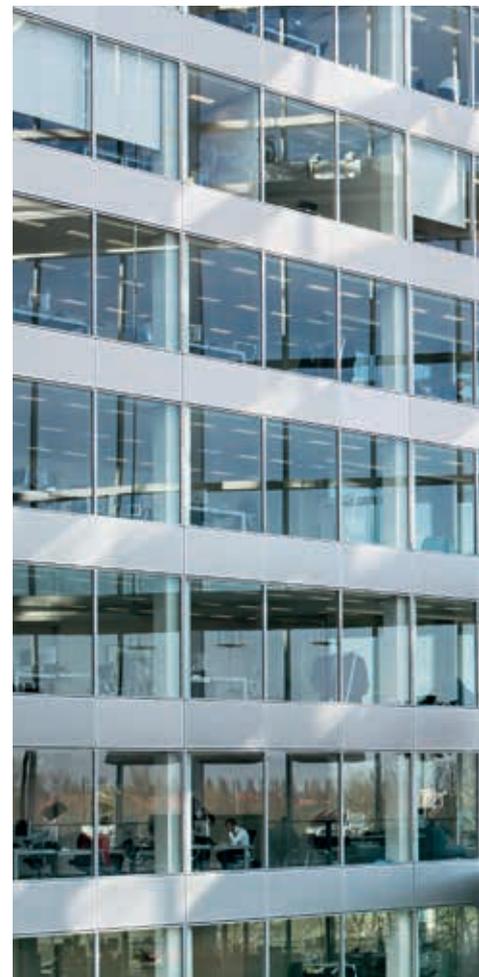
Die Verwendung großer Glasflächen in der modernen Architektur stellt neue Anforderungen an die Fluchtwegsignalisierung. Bei Tageslicht muss das Sicherheitszeichen deutlich sichtbar sein, damit

—
Die grünen Piktogramme sind bei Tageslicht optimal sichtbar, während die leistungsstarke LED-Beleuchtung 57 % der Energie einspart.

die Gebäudenutzer im Notfall den schnellsten Weg hinaus finden →2. Bei der Primora-Rettungszeichenleuchte wird das Piktogramm mit 500 cd/m² hinterleuchtet. Zum Vergleich: Ein durchschnittlicher LCD-Bildschirm besitzt eine Leuchtdichte von 200 bis 300 cd/m² →3–4.

Design im Mittelpunkt

Im Dezember 2014 erhielt The Edge mit 98,4 % die bisher höchste Bewertung nach dem niederländischen Zertifizierungssystem BREEAM-NL (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) [1]. Eine solche hohe Bewertung der Nachhaltigkeit erforderte natürlich eine entsprechende Lösung für die Sicherheitsbeleuchtung – und hier kam Guideway bzw. Primora ins Spiel.





—
01 Wandmontierte Version der Rettungszeichenleuchte Primora.

—
02 Bei den großen Glasflächen und dem vielen Tageslicht in The Edge ist die Leuchtstärke der Primora von 500 cd/m² entscheidend.

—
03 QR-Code für ein Guideway/Primora-Produktvideo (Englisch).

—
04 QR-Code für ein Guideway/Primora-Installationsvideo (Englisch).

—
Literaturhinweise
[1] BREEAM-NL: „The Edge Amsterdam“. Online verfügbar unter: <https://www.breeam.nl/projecten/edge-amsterdam-0> (abgerufen am 6. April 2016)

Mehr Sicherheit

Tim Sluite, Projektmanager für The Edge bei der Wirtschaftsprüfungs- und Beratungsgesellschaft Deloitte, erklärt: „Das Gebäude ist sehr transpa-

—
Dank der langen Lebensdauer von 100.000 Stunden muss die Lichtquelle in 12 Jahren 10-mal weniger häufig ausgetauscht werden.

rent, schnörkellos und mit modernen Materialien gebaut, d. h. es gab keinen Platz, um klobige Leuchten zu verstecken. Wir wollten elegante, schön designte Leuchten, die zu unserer Vision des Gebäudes passen. Wir haben ein riesiges Atrium und offene Laufbrücken. In diesen großen, offenen Räumen, die zudem sehr hell sind, wird die Sichtbarkeit des Fluchtwegs durch das einfallende Tageslicht oder Reflexionen beeinträchtigt.



03



04

Schließlich haben wir uns für die Leuchte Primora mit ihrer sehr flachen, dünnen Scheibe und ihrem dünnen Stahlrahmen entschieden. Die besondere Eigenschaft der Primora ist aber, dass sie trotzdem sehr gut sichtbar ist. Wenn man auf der einen Seite der Laufbrücke steht, kann man ganz bis zur anderen Seite gucken, wo das Rettungszeichen deutlich zu sehen ist. Selbstverständlich erfüllt die Leuchte alle gesetzlichen Anforderungen und ist aus bis zu 32 m Entfernung gut zu erkennen.

Sicherheit und Gesundheit sind für Deloitte wichtige Ausgangspunkte, denn unsere Mitarbeiter sind schließlich unser Kapital. Wir müssen also gut für ihr Wohlergehen sorgen, und die Sicherheitsbeleuchtung trägt auf jeden Fall dazu bei.“

Kostensenkungen

Dank der leistungsstarken LED-Technologie wird die gesamte Piktogrammoberfläche gleichmäßig stark ausgeleuchtet. Im Vergleich zu Leuchtstofflampen können dadurch in einem Zeitraum von 12 Jahren Einsparungen in Höhe von 57% für Energie und Instandhaltung erzielt werden. Zudem muss die Lichtquelle dank der langen Lebensdauer von bis zu 100.000 Stunden im Laufe von 12 Jahren 10-mal weniger häufig ausgetauscht werden.

Das ist die Stärke der Sicherheitsbeleuchtung von ABB: Sie fällt nur auf, wenn sie es soll. ●

SCHUTZ UND SICHERHEIT

Trockenisolierung für Kondensator-durchführungen

Hochspannungs-Kondensatordurchführungen gehören zu den kritischen Komponenten in Stromnetzen. Da sie hohen elektrischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, kann ein Versagen katastrophale Folgen haben. Die Produktion von Durchführungen für 800 kV und mehr erfordert große Sorgfalt bei der Konstruktion und Fertigung.



Lars Jonsson
Roger Hedlund
ABB Insulation and
Components, Bushings

Ludvika, Schweden
lars.jonsson@se.abb.com
roger.hedlund@se.abb.com

Hochspannungs-Kondensatordurchführungen sind kritische Komponenten, die in allen Stromnetzen zu finden sind. Da sie hohen elektrischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, kann ein Versagen explosive und katastrophale Folgen haben. Können die Folgen eines solchen Versagens gemindert werden, ist dies ein großer Vorteil. Aus diesem Grund entscheiden sich wohl immer mehr Energieversorger für eine Trockenisolierung mit einer äußeren Isolierung aus nicht zerbrechlichem Material. Doch die Produktion von Durchführungen für 800 kV und mehr erfordert größte Sorgfalt bei der Konstruktion und Fertigung. Dabei geht es nicht nur darum, vorhandene Technologie für niedrigere Spannungen aufzurüsten, denn die zur Sicherung eines problemlosen Betriebs notwendigen technischen Schritte sind häufig nicht linear →1.

Kondensatordurchführungen sind ein vertrautes Bild für alle, die im Hochspannungsbereich tätig sind. Trotz ihres scheinbar einfachen Erscheinungsbilds entstammen diese wichtigen Komponenten des Stromnetzes einem äußerst anspruchsvollen Konstruktions- und Fertigungsprozess. Kondensatordurchführungen bestehen aus drei Hauptkomponenten: einer äußeren Isolierung zur Minimierung von Kriechströmen und Verhinderung von externen Überschlägen, einer inneren Isolierung aus mehreren Schichten mit abgestufter Kapazität (die als Zylinderkondensator wirken) zur Verteilung und Stabilisierung des elektrischen Felds und einem Leitersystem zur Führung des Stroms.

Die innere Isolierung besteht aus einer Reihe äußerst präzise positionierter koaxialer Schichten aus leitfähigem Material in einem Papierstreifen

—
Seit den 1980er Jahren hat sich Silikonkautschuk allmählich zu einer hervorragenden Alternative zu Keramik entwickelt.

fen →2. Zur Erhöhung der Spannungsfestigkeit wird die Isolierung mit Transformatorenöl oder einem härtbaren Epoxidharz imprägniert. Dieses Konzept wird als ölprägniertes Papier (OIP) bzw. harzprägniertes Papier (RIP) bezeichnet. Die Verwendung von OIP-Durchführungen begann in den 1950er Jahren und ist im Bereich der Höchstspannungen (d. h. von 735 kV aufwärts) noch immer das vorherrschende Konzept. RIP-Durchführungen wurden nach und nach ebenfalls für höhere Spannungen entwickelt und kommen immer häufiger zum Einsatz. Doch der Schritt in den Bereich der Höchstspannungen hat aufgrund der damit verbundenen technischen Herausforderungen und der allgemeinen Zurückhaltung in der Energiewirtschaft einige Zeit gedauert. Beim äußeren Isolator war Keramik lange Zeit das vorherrschende Material. Im Laufe der Jahre wurden verschiedene Polymerwerkstoffe getestet,

—
01 Die Produktion von Kondensatordurchführungen mit Trockenisolierung für Spannungen von 800 kV und mehr erfordert große Sorgfalt und Know-how bei der Konstruktion und Fertigung. Das Bild zeigt die elektrische Stückprüfung der ersten kommerziellen Lieferung.

deren Lebensdauer aber durch die Auswirkungen des Sonnenlichts beeinträchtigt wurde. Seit den 1980er Jahren hat sich Silikonkautschuk allmählich zu einer hervorragenden Alternative zu Keramik entwickelt. Silikonkautschuk erreicht seine maximale Energieaufnahme bei Wellenlängen unterhalb der von Sonnenlicht und bietet folglich eine erheblich bessere Lebensdauer als andere Polymerwerkstoffe.

Vorteile von RIP

Der größte Vorteil des RIP-Konzepts für Energieversorger liegt in den erheblich geringeren Folgen bei einem Versagen der Durchführung. Trotz der vielfältigen möglichen Ursachen für einen Überschlag zwischen Phase und Erde – z. B. durch Versagen der Durchführung selbst oder elektrische, mechanische oder thermische Beanspruchung vom Netz – führt ein Überschlag in einer OIP-Durchführung fast immer zu einer Explosion mit berstenden Isolatoren und austretendem Öl. Wenn Transformatoren Feuer fangen, sind die Folgen besonders schwerwiegend [1]. Da RIP-Durchführungen kein leicht entzündliches und energiereiches Öl enthalten, ist die Brandgefahr größtenteils beseitigt. Doch wenn es darum geht, die Folgen eines Versagens zu mindern, gibt es noch eine Reihe weiterer Faktoren, die für die RIP-Technologie sprechen [2], [3]. Neben der Tatsache, dass sie bei Versagen nicht zerspringen, besitzen Verbundisolatoren aus Silikonkautschuk, der auf ein Wickelrohr extrudiert wird, eine Vielzahl weiterer positiver Eigenschaften als äußere Isolierung:

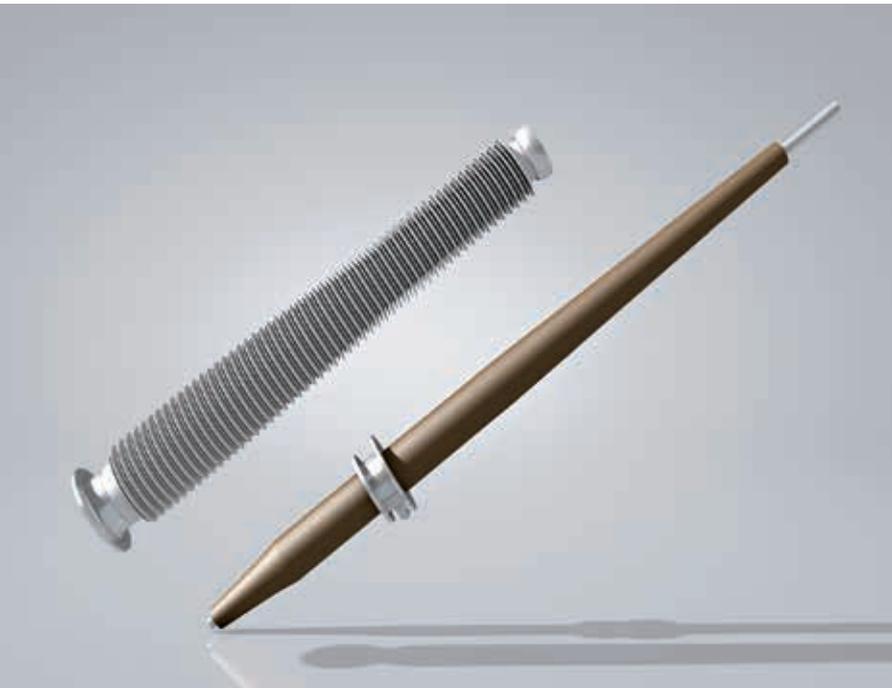
- Dank der chemischen Struktur des Silikons ist die Oberfläche des Isolators hydrophob, d. h.

Wasser bildet auf der Oberfläche Tropfen und keine Rinnsale. Dies reduziert die Gefahr von Kriechströmen (und folglich Erosion) sowie von Überschlügen bei extremen Witterungen.

- Durch den kontinuierlichen Herstellungsprozess entsteht eine chemische Bindung zwischen dem Rohr und dem Isolator. Da sowohl der Silikonkautschuk als auch das Wickelrohr gänzlich nahtlos sind, ist die elektrische Feldverteilung gleichmäßig und kontinuierlich. Zudem besteht kaum die Gefahr von eindringender Feuchtigkeit, und es gibt keine Trennstellen, an denen sich Salz und Schmutz sammeln können →3.
- Die Extrusion bietet die Möglichkeit, das Schirmprofil des Isolators für verschiedene Anwendungen zu optimieren. Das Ergebnis ist ein noch geringeres elektrisches Feld, was wiederum die Gefahr von Kriechwegbildung und Erosion mindert [2].
- Bei dem gewählten polymerischen Isoliermaterial handelt es sich um einen heißvulkanisierenden (HTV) Kautschuk mit einer sorgfältig abgestimmten Mischung aus reinem Silikon und einem Aluminiumtrihydrat-Füller (ATH) als Grundwerkstoff. Neben seiner mechanischen Festigkeit ist der ATH-Füller auch temperatur- und feuerbeständig, und bei optimierter Menge des verwendeten ATH lässt sich z. B. eine rasche Wiederherstellung der hydrophoben Eigenschaften nach starkem Regen erreichen. Praktische Erfahrungen haben außerdem gezeigt, dass HTV-Kautschuk äußerst beständig gegen Erosion ist und seine hydrophobe Eigenschaft über einen langen Zeitraum beibehält [4].

01





02

—
02 Hauptkomponenten der Durchführung: äußere Isolierung (links) und innere Isolierung mit Befestigungsflansch und Leiter (rechts).

—
03 Fertigung der äußeren Isolierung.

—
04 Details der FEM-Analyse für den Befestigungsflansch.

—
05 FEM-Analyse der Silikonschirme.

- Diese Art von Isolator ist erheblich leichter und mechanisch fester als entsprechende keramische Isolatoren. Dies ist besonders wichtig im Hinblick auf die Erdbeben- und Kurzschlussfestigkeit sowie eine sichere Handhabung.

Wichtige Aspekte bei der Entwicklung von Durchführungen für 800 kV

Zu den wichtigen Aspekten, die bei der Entwicklung von trockenisolierten Durchführungen für 800 kV berücksichtigt werden müssen, gehören:

- Ein bedeutender Kostentreiber ist die erforderliche Steh-Schaltstoßspannung unter Regen, da sie zum großen Teil die Länge der Durchführung bestimmt. Dies ist für RIP-Durchführungen von besonderer Bedeutung, da die Länge eng mit dem komplexen Gieß- und Härteprozess, den Abmessungen des Prozessbehälters, den Spezifikationen der Bearbeitungsmaschinen usw. verbunden ist.
- In einigen Teilen der Welt gelten besondere seismische Anforderungen. So ist bei der Projektierung ein enger Dialog zwischen Transformatorenherstellern und Energieversorgern erforderlich, um z. B. Installationswinkel und notwendige bauliche Verstärkungen für die Installation der Durchführung zu erörtern.
- Anforderungen bezüglich der besonderen Bedingungen vor Ort, z. B. Umgebungstemperaturen.
- Ein flexibles Design, das eine maßliche Anpassung an bereits installierte Ausrüstung unabhängig vom Hersteller ermöglicht.

Mechanische Konstruktion

Sehr viel Aufwand wurde in die mechanische Konstruktion der trockenisolierten 800-kV-Durchführung gesteckt. Dies gilt besonders im Hinblick auf seismische Anforderungen.

Hier waren fundierte Erfahrungen mit vorhandenen, seismisch geprüften Durchführungen der GSB-Rei-

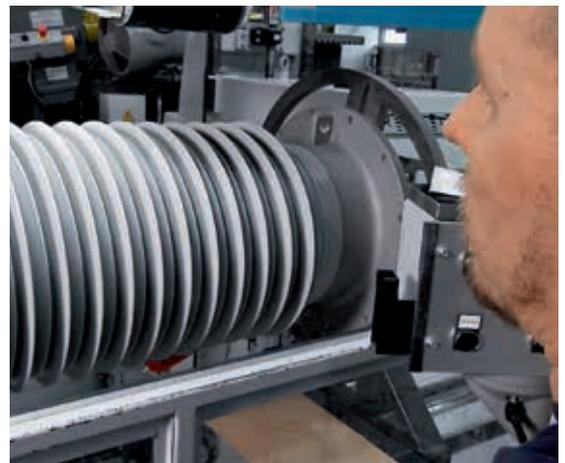
he von großem Nutzen, insbesondere im Hinblick auf die Modellierung und Analyse von Dämpfung und Eigenfrequenz. Dennoch wurden mehrere – sowohl lineare als auch nicht lineare – Finite-Elemente-Analysen (FEM-Analysen) mit anschließenden Verifizierungsprüfungen kritischer Komponenten durchgeführt. Bei den dynamischen Analysen wurden sowohl Anforderungs-Antwortspektren (RRS) als auch Testantwortspektren (TRS) ermittelt. Die berechneten Ergebnisse wurden durch Rütteltischversuche im Maßstab 1:1 verifiziert und entsprechen den seismischen Anforderungen gemäß IEEE 692-2005 und anderen, noch strengeren lokalen Spezifikationen →4.

Die von ABB seit den 1970er Jahren zur Vereinfachung der Installation und des Austauschs von Durchführungen eingesetzte Ziehstangenlösung brachte mechanische Herausforderungen mit sich, die zu einer teilweise neuen Lösung führten. Im Vergleich zu ölisierten Durchführungen mit keramischen Isolatoren für entsprechende Spannungen war es aufgrund der höheren Wärmeausdehnung in RIP-Durchführungen unmöglich, die Kontaktkraft zwischen verschiedenen stromführenden Teilen ohne große Umbauten zu erhalten. Umfassende mechanische Untersuchungen im Hinblick auf Knickfälle, Kurzschlusskraft, Kontaktkräfte usw. wurden mithilfe von FEM-Analysen und entsprechenden Versuchen durchgeführt.

Aufgrund der allgemein schwierigen Wärmeableitung bei Trockendurchführungen waren zum Teil neue niederohmige Werkstoffkombinationen erforderlich, um die Verluste zu reduzieren. Dies war wiederum mit neuen Herausforderungen bezüglich des Korrosionsschutzes in rauen Industrieumgebungen und Küstenregionen verbunden. Die neuen Materialien erforderten zudem die Einführung neuer Dichtungssysteme. Sämtliche Lösungen, einschließlich der zum Korrosionsschutz, wurden durch Tests verifiziert.

Thermische Konstruktion

Die dielektrische Erwärmung der inneren Isolierung kann von größter Bedeutung sein. Ölisierte



03

— Dieser Artikel basiert auf folgendem CIGRE-Beitrag: Jonsson, L., Hedlund, R.: „Development of dry-insulated 800 kV transformer bushings“. 2016 CIGRE-IEC Colloquium. © 2016 IEEE, Montreal, Kanada.

Literaturhinweise

[1] Tenbohlen, S. et al.: „Development and results of a worldwide transformer reliability Survey“. CIGRE Study Committee A2 Colloquium, 2015.

[2] Jonsson, L. et al.: „Dry transformer bushings with composite insulators – the obvious combination for increased reliability“. TechCon Asia-Pacific, 2013.

[3] Jonsson, L.: „Fire and safety aspects on high-voltage bushings“. World Congress on Insulators, Arresters and Bushings, 2009.

[4] Gutman, I. et al.: „Long-term service experience and inspection results of HV equipment made of silicone rubber insulators“. Ref. 412, CIGRE session, Auckland, 2013.

Durchführungen besitzen eine wirksame konvektive Kühlung zur Bewältigung von dielektrischen und ohmschen Verlusten, RIP-Durchführungen hingegen nicht. Daher ist eine umfassende theoretische Analyse der Designs erforderlich, um die thermische Stabilität unter sämtlichen Prüf- und Betriebsbedingungen sowie die Erfüllung von Überlastanforderungen sicherzustellen.

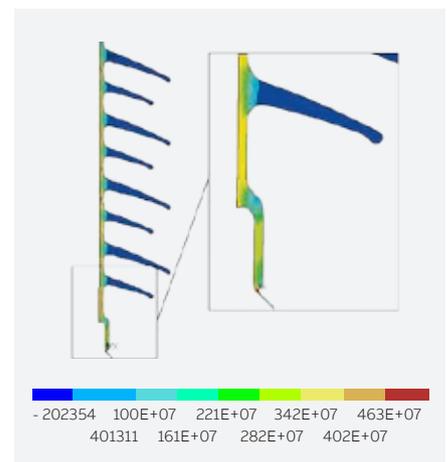
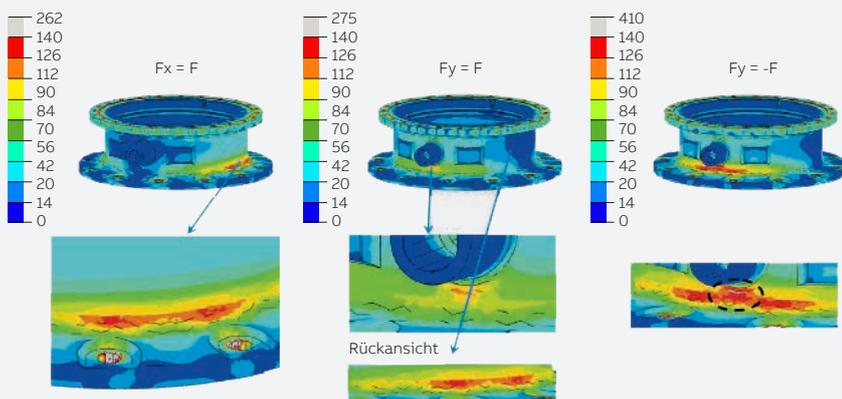
Bei den Temperaturwechselprüfungen wurde die Umgebungstemperatur mit sorgfältig definierten Anstiegs- und Abfallzeiten zwischen -50 und $+40$ °C variiert. Die Hauptherausforderung besteht darin, die erheblichen Temperaturgefälle und die damit verbundenen mechanischen Beanspruchungen in den Griff zu bekommen, die durch die kalte Masse des Kondensatorkerns und erhöhte Umgebungstemperaturen verursacht werden. Umfassende Untersuchungen mithilfe verschiedener Verfahren wie der dynamischen Differenzkalorimetrie (DDK) und der Dynamisch-Mecha-

Für die Herstellung der neuen Baureihe von Durchführungen war eine gänzlich neue Produktionsanlage erforderlich.

nisch-Thermischen Analyse (DMTA) waren erforderlich, um ein genaues Verständnis der Kristallisation bei verschiedenen Kühltemperaturen und der Entstehung von Spannungen im Material zu entwickeln. Dazu wurden umfangreiche FEM-Analysen des Kühl- und Kristallisationsvorgangs in unterschiedlichen Bereichen der Isolierung durchgeführt und anschließend in Komponententests verifiziert, bevor abschließende Tests an einer kompletten Durchführung im Maßstab 1:1 vorgenommen wurden. Die Analysen führten unter anderem zur Optimierung bestimmter Schritte bei der Fertigung der äußeren Isolierung →5.

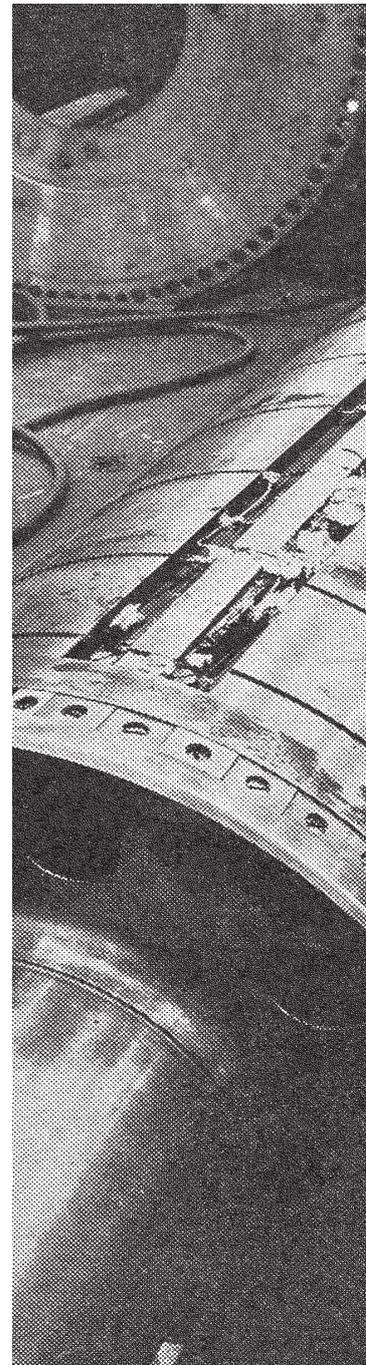
Fertigung

Da bei Hochspannungsdurchführungen Teilentladungen generell unerwünscht sind, liegt eine der größten Herausforderungen bei der Fertigung von RIP-Durchführungen in der Imprägnierung und Härtung der inneren Isolierung. Hier kommt es auf die Lenkung anspruchsvoller Fertigungsprozesse mit minimaler Prozessabweichung an. Angesichts der Komplexität dieser Prozesse konnten Erfahrungen von vorhandenen Produkten für niedrigere Spannungen nur schwer direkt angewendet werden, da viele kritische Parameter nicht linear skalierbar, sondern quadratischer oder kubischer Natur sind. Dadurch können die Anforderungen an die Fertigungsausrüstung um ein Vielfaches größer sein, als es zunächst scheint. So wiegt eine 800-kV-Trockendurchführung mehr als doppelt so viel wie ein entsprechendes Produkt für 500-kV-Systeme und ist auf der Luftseite über 40 % länger. Die Herausforderungen bei der Wicklung von Kondensatorkernen für solche Spannungspegel liegen zum größten Teil in der genauen Platzierung der leitenden Schichten. So ist die maßliche Veränderung der Schichten beim Trocknen in axialer Richtung größer als in radialer Richtung. Temperatureffekte sorgen zudem für erhebliche Längenveränderungen beim Gießen, weshalb die Prozesswerkzeuge entsprechend dimensioniert werden müssen. Beim eigentlichen Gießprozess müssen fast 2.000 kg Epoxidharz in den Zellulosekern eingespritzt und gehärtet werden, ohne dass sich Luftpneumate bilden. Solche Hohlräume würden bei den abschließenden Stückprüfungen zu elektrischen Entladungen führen, und die Durchführung müsste verschrottet werden. Um dies zu vermeiden, muss das Härten des Epoxidharzes während des gesamten Prozesses genau überwacht werden. Für die Herstellung der neuen Baureihe von Durchführungen war eine gänzlich neue Produktionsanlage mit einer Wickelmaschine, entsprechender Prozessausrüstung, moderner Leittechnik und neuen Bearbeitungsmaschinen erforderlich. Die ersten kommerziellen Lieferungen erfolgten im Jahr 2015. ●

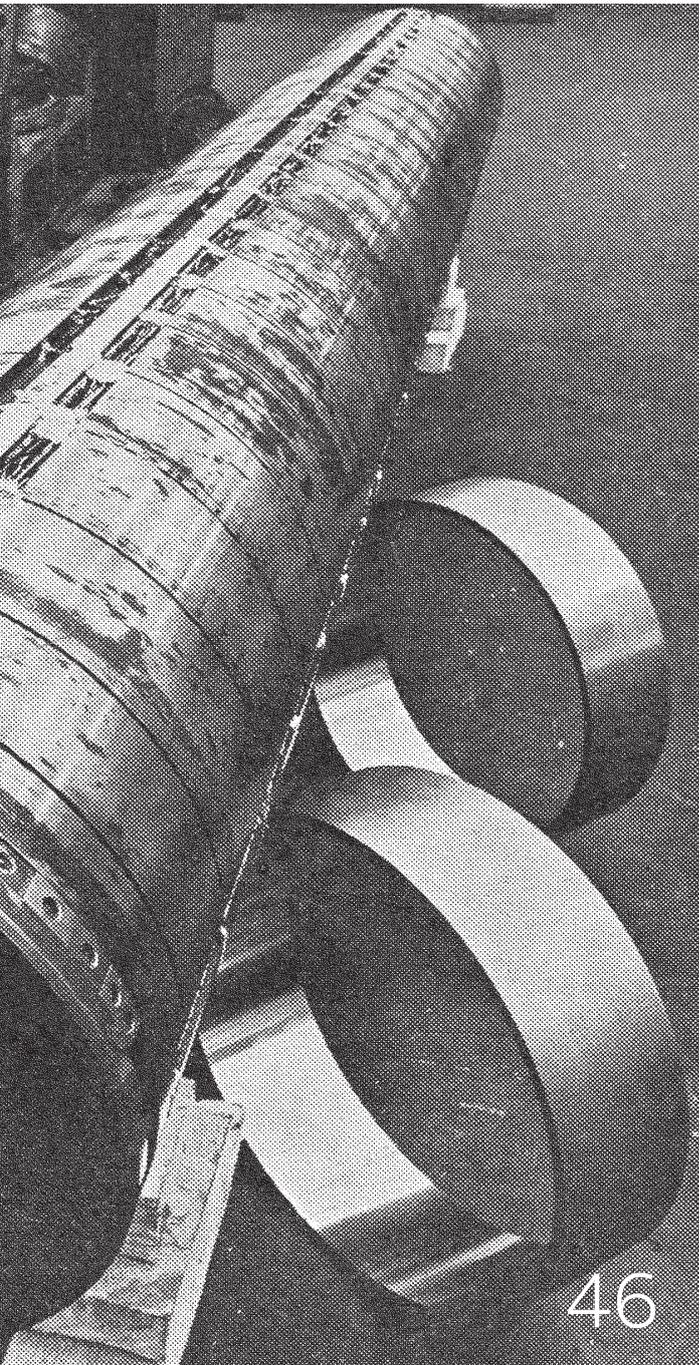




Messtech



nik



Daten von einem Walzwerk im laufenden Betrieb zu erfassen, ist mit wesentlich größeren Herausforderungen verbunden als das Erfassen von Smartphone-Nutzerdaten. Hier zeigt sich die Kluft zwischen den Leistungsanforderungen von industriellen und Verbrauchertechnologien.

Die Operationalisierung oder „Messbarmachung“ ist ebenso kompliziert wie wichtig, denn sie bietet dem Kunden eine Möglichkeit zur Verbesserung von Qualität, Ertrag und Produktivität in sichereren Umgebungen.

Vor über einem halben Jahrhundert hat ABB das Zeitalter der modernen Planheitsmessung eingeläutet und seitdem ihre Produkte ständig weiterentwickelt. So basiert auch das modernste Dickenmessgerät des Unternehmens auf neuester Technologie.

Auf beide Messsysteme kann übrigens per Smartphone zugegriffen werden.

40 Dickenmessung für Nichteisenmetalle

46 50 Jahre Planheitsregelung mit ABB Stressometer

MESSTECHNIK

Dickenmessung für Nichteisenmetalle

Die spaltfreien ABB Millmate-Dickenmesssysteme auf Basis der Impuls-Wirbelstromtechnologie ermöglichen eine zuverlässige und effiziente Dickenregelung unter rauen Walzwerkbedingungen und beseitigen gleichzeitig Risiken hinsichtlich Gesundheit, Sicherheit und Umweltschutz.



Lennart Thegel
Eva Wadman

ABB Industrial Automation
Measurement & Analytics

Västerås, Schweden
lennart.thegel@se.abb.com
eva.k.wadmann@se.abb.com

Mit den Dickenmesssystemen vom Typ Millmate Thickness Gauge (MTG) auf Basis der Impuls-Wirbelstromtechnologie (Pulsed Eddy Current, PEC) bietet ABB Kunden eine Auswahl an Produkten, die auf die besonderen Anforderungen bei der Herstellung von Kaltband aus Nichteisenmetallen zugeschnitten sind. Sowohl das spaltfreie Messbox-System MTG Box Gauge als auch das C-Rahmen-System MTG C-Frame Gauge reagieren ausschließlich auf die Banddicke und sind somit die ultimativen Sensoren für eine sichere Dickenregelung unter rauen Walzwerkbedingungen. Gleichzeitig beseitigen sie die Risiken hinsichtlich Gesundheit, Sicherheit und Umweltschutz, die mit radiometrischen Messgeräten verbunden sind. Das spaltfreie MTG-System ermöglicht das Messen direkt am Walzprozess, wo andere Messgeräte nicht arbeiten können. Mit der Entwicklung modernster Messsensoren begegnet ABB dem Wunsch der Kunden nach einer höheren Zuverlässigkeit, Effizienz und kostengünstigen Produktion von Bandprodukten aus Nichteisenmetallen wie Dosenblech oder Karosseriebleche aus Aluminium →1.

Geringes Gewicht, Recyclingfähigkeit und attraktive Werkstoffeigenschaften machen Aluminium zum idealen Material für viele Verbraucher- und Industrieprozesse. Zurzeit besteht weltweit eine große Nachfrage und Investitionsbereitschaft bei Produktionskapazitäten für Aluminium. Dies zeigt sich in der verstärkten Nutzung von gewalzten Aluminiumprodukten in den letzten zehn Jahren, u. a.

bei Getränkedosen und in der Automobilindustrie, wo immer mehr Aluminium für strukturelle Komponenten und Karosseriebleche von Oberklasse- und Großserienfahrzeugen benötigt wird →2. Aufgrund seiner geringen Dichte und relativ hohen Festigkeit ist Aluminium besonders geeignet, Stahl bei Fahrzeugkarosserien zu ersetzen. Fahrzeuge

Zurzeit besteht weltweit eine große Nachfrage und Investitionsbereitschaft bei Produktionskapazitäten für Aluminium.

mit Aluminiumkarosserie sind leichter, verursachen weniger CO₂-Emissionen und verbrauchen weniger Kraftstoff als herkömmliche Fahrzeuge. Um der steigenden Nachfrage nach Aluminiumband für diese Industrien gerecht zu werden, sind verbesserte Produktionsanlagen und modernste Messsensoren erforderlich. ABB besitzt über 15 Jahre Erfahrung in der Entwicklung von Sensoren zur präzisen Dickenmessung von Aluminium und Optimierung der Prozesskosten.

Bedeutung von Sensoren

Seit der industriellen Revolution ist der Einsatz von Messsensoren zur Regelung von Industrieprozessen

—
01 Einsatz des MTB Box Gauge Systems in einem industriellen Umfeld.

sen unverzichtbar. Allerdings können sich die räumlichen Gegebenheiten und rauen Bedingungen in industriellen Umgebungen wie Walzwerken negativ

—
In der Aluminiumindustrie ist die Dicke eine der wichtigsten Eigenschaften, die es zu messen und zu regeln gilt.

auf Sensoren auswirken und zu Verzögerungen im Produktionsprozess und Ausfallzeiten führen, was sich wiederum in höheren Produktionskosten niederschlägt. Um die Produktion von Aluminiumband zu verbessern und Kosten zu senken, investiert ABB in die Forschung und Entwicklung von Sensoren, die unter verschiedenen räumlichen Gegebenheiten arbeiten und sowohl gegenüber den Umgebungsbedingungen in der Produktion als auch gegenüber Schwankungen in der Materialzusammensetzung unempfindlich sind.

Traditionelle Messverfahren

In der Aluminiumindustrie ist die Dicke eine der wichtigsten Eigenschaften, die es zu messen und zu regeln gilt. Die Einhaltung enger Bandtoleranzen

ist entscheidend sowohl für den Produktionsprozess als auch für das Produkt selbst. Radiometrische Messsysteme wie Isotopen- und Röntgenmessgeräte stehen seit vielen Jahrzehnten zur Verfügung und werden häufig eingesetzt. Röntgenmessgeräte nutzen die Dämpfung der Strahlung durch das Metallband. Ein Detektor misst die Intensität der Strahlung, die von einer Quelle auf der gegenüberliegenden Seite des Bands abgegeben wird. Ausgehend von dem Wissen, dass die Intensität durch Dichteänderungen im Messspalt beeinflusst wird, lässt sich die Dicke berechnen. Diese Methode bietet einige Vorteile wie die Toleranz gegenüber großen Luftspalten, aber auch einige Nachteile. Neben Sicherheits-, Gesundheits- und Umweltaspekten ist die Messgenauigkeit von radiometrischen Geräten bei Aluminium problematisch. Aluminium besitzt eine geringe Dichte und somit einen niedrigen Absorptionskoeffizienten. Folglich können Umweltfaktoren wie Schmutz, Dampf und die Lufttemperatur die Dickenmessung beeinflussen und zu Abweichungen führen, die korrigiert werden müssen. Außerdem wird Aluminium in der Regel mit anderen Metallen legiert, um die gewünschten Eigenschaften, wie eine bestimmte Festigkeit, zu erreichen. Die Gegenwart anderer Metalle wie Kupfer beeinflusst die Absorption von Aluminium und erschwert die Dickenmessung mit



Röntgenmessgeräten. Durch die Abhängigkeit der Röntgenmessergebnisse von der Legierung sind Dickenkorrekturen von bis zu 50 % erforderlich. Dies kann leicht eine Dickenabweichung von 1 % bedeuten, was eindeutig ein großer Nachteil für Hersteller von Aluminiumband ist.

—
Im Jahr 2001 brachte ABB das MTG C-Frame Gauge System für die Dickenmessung in Kaltwalzwerken für Nichteisenmetalle auf den Markt.

Innovationen in der Messtechnik

Als Antwort auf das Problem der präzisen Messung von Aluminiumband mithilfe radiometrischer Sensoren hat sich ABB vorgenommen, das perfekte Messsystem für Hersteller von Aluminiumband zu entwickeln. Im Jahr 2001 brachte das Unternehmen das MTG C-Frame Gauge System für die Dickenmessung in Kaltwalzwerken für Nichteisenmetalle

auf den Markt. Der Sensor richtet sich an die Bedürfnisse von Kunden, die sich eine präzise Dickenmessung von Aluminium und Kupfer unabhängig von den Eigenschaften der Walzwerkumgebung und Legierung wünschen. Im Gegensatz zu den bis dato gängigen radiometrischen Messgeräten basiert das MTG C-Frame Gauge System auf der patentierten PEC-Technologie.

Bei der PEC-Technologie werden mithilfe elektrischer Spulen impulsförmige elektromagnetische Felder erzeugt, die eine Impulsantwort vom Metallband hervorrufen. Grundlage ist die Messung der gepulsten Spannung, die der Spule zugeführt wird, wenn der Strom plötzlich unterbrochen wird. Nach der abrupten Unterbrechung des konstanten Erregerstroms zur Spule wird das vom Wirbelstrom im Metallblech erzeugte Magnetfeld als transiente Spannung gemessen →3.

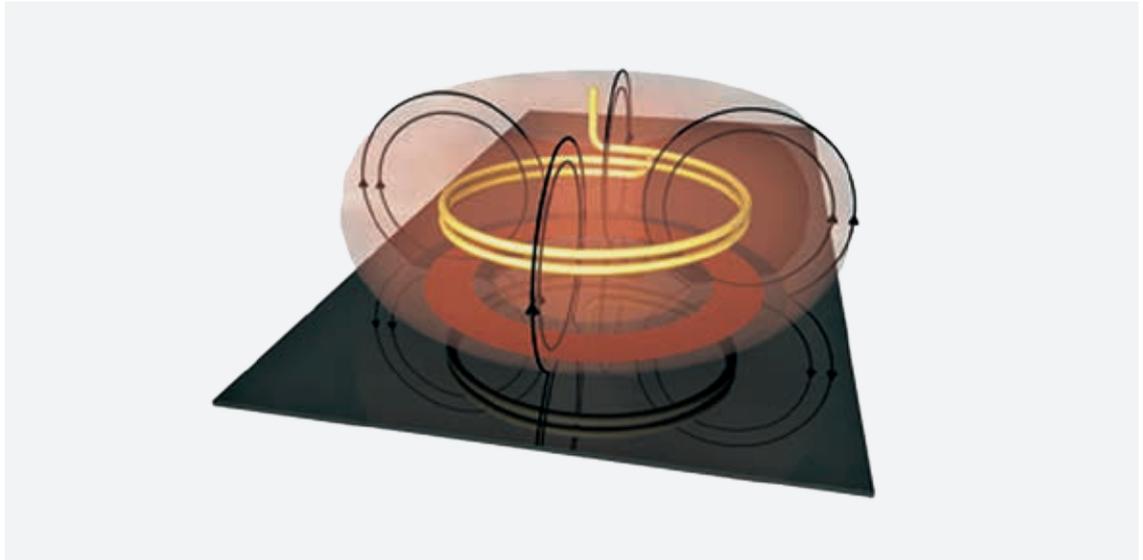
Damit haben Kunden die Möglichkeit, Abstand, elektrischen Widerstand und Dicke bei Bändern aus Nichteisenmetallen mit hoher Genauigkeit zu messen, ohne dass dafür Informationen über Legierungseigenschaften oder Umgebungsbedingungen erforderlich sind. So wird eine hervorragende Präzision bei der Produktdicke erreicht. Die Verwendung von MTG-Messsystemen anstelle



—
02 Es ist eine Zunahme von Fahrzeugen mit Aluminiumkarosserie zu erwarten.

—
03 Die patentierte Impuls-Wirbelstromtechnologie nutzt schwache Magnetfelder zur Messung.

—
04 Genauigkeiten bei der Fertigung von Aluminiumband.



03

von radiometrischen Messgeräten erhöht die Sicherheit der Arbeitsumgebung und erfordert weder eine besondere Schulung oder Zertifizierung von Mitarbeitern noch die Entsorgung von radioaktivem Material.

Kalibrierungsanforderungen und -prozess

In einer idealen Welt würden sich Bandhersteller Sensoren wünschen, die zehnmal genauer sind als die Produkt- und Prozesstoleranzen. Gängig ist eine Sensorgenauigkeit, die drei- bis viermal höher ist als die Produkt- und Prozesstoleranzen. Referenzmaterialmessungen müssen mindestens drei- bis viermal genauer sein als die verwendeten Sensoren. Dementsprechend müssen Referenzmaterialmessungen für die Kalibrierung mindestens zehnmal genauer sein als die Produkttoleranzen von Dosen- und anderen Aluminiumbandprodukten →4. Um genaue Sensormessungen zu gewährleisten, setzt ABB auf eine Perfektionierung der Kalibrierung durch Vereinfachung der damit verbundenen Verfahren.

Kalibrierverfahren für MTG-Systeme

ABB bietet Aluminiumherstellern effiziente, zuverlässige und genaue Sensoren, die in der Lage sind,

das Vorhandensein verschiedener Legierungen zu kompensieren und ohne umfangreiche Kalibriermaterialien und -verfahren auskommen, wie sie besonders bei der Verwendung von Röntgenmessgeräten erforderlich sind. Durch die Installation von MTG-Systemen auf Basis der PEC-Technologie

—
Kunden haben die Möglichkeit, Abstand, elektrischen Widerstand und Dicke mit hoher Genauigkeit zu messen, ohne dass Informationen über Legierungen oder Umgebungsbedingungen erforderlich sind.

kann eine Vielzahl von Herausforderungen beseitigt werden. Die Anwendung eines schwachen Magnetfelds ermöglicht eine berührungslose Dickenmessung und beseitigt den Nachteil des geringen Absorptionskoeffizienten von Aluminium. Da die Dickenmessungen von Umweltfaktoren und



04

Materialeigenschaften unabhängig sind, werden keine kundenspezifischen Kalibrierplatten benötigt, d. h. die Ausfallzeiten aufgrund von Kalibrierungsmaßnahmen sind vernachlässigbar. Die bei ABB entwickelten MTG-Systeme werden kalibriert und einsatzbereit geliefert. Die Kalibrierung wird alle sechs Monate durchgeführt und dauert 20 Minuten. ABB liefert das System mit den 12 Kalibrierplatten, die für die Kalibrierung vor Ort zur Sicherung der Rückführbarkeit und Genauigkeit des Messgeräts erforderlich sind.

Das Kalibrierverfahren umfasst zwei Schritte →5: Im ersten Schritt werden Referenzplatten kalibriert, die bei ABB aufbewahrt werden. Der zweite Schritt ist die Kalibrierung der Kalibrierplatten, die dem Kunden mit dem MTG-System geliefert werden.

Die Referenzplatten werden bei ABB durch Vergleich mit Endmaßen kalibriert, deren Kalibrierung auf nationale Metrologieinstitute wie NIST, PTG

Das von ABB erfundene und patentierte MTG Box Gauge System nutzt schwache Magnetfelder zur Messung mithilfe der PEC-Technologie.

und NMIJ rückführbar ist. ABB hat eigens zu diesem Zweck eine präzise mechanische Messmaschine konzipiert und entwickelt. Die Referenzmessungen erfolgen mithilfe eines Laser-Hologage-Mess-tasters mit einer Messauflösung von 0,01 µm. Im zweiten Schritt werden die Kalibrierplatten

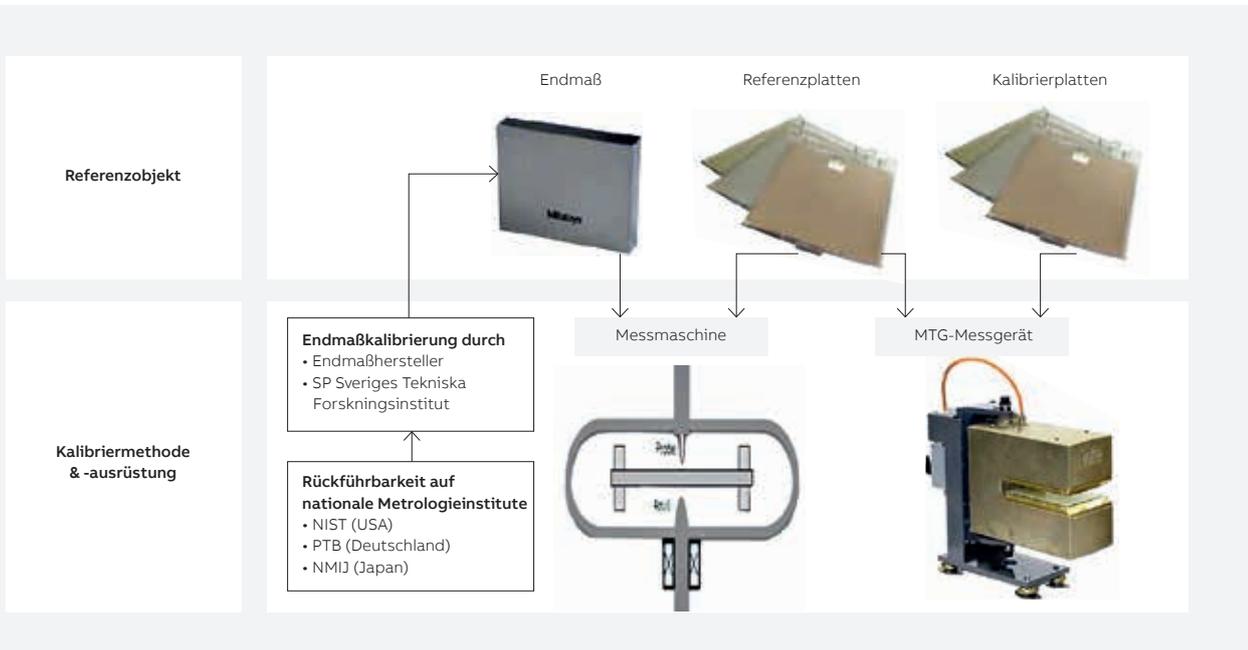
durch direkten Vergleich mit den Referenzplatten mit gleicher Dicke und mit gleichen Materialeigenschaften mithilfe eines kalibrierten und temperaturstabilisierten MTG-Messsystems kalibriert. Dabei wird eine Kalibrierengenauigkeit von 0,3 bis 0,5 µm erreicht. Um die für Aluminiumbandhersteller so wichtigen gewünschten Dickentoleranzen zu erreichen, sind keine kundenspezifischen Platten oder häufige Kalibrierungen notwendig.

Die einzigartige Erfindung kann zentral im Produktionsprozess platziert werden.

Einzigartige spaltfreie Messlösung

Im Jahr 2016 erweiterte ABB das Angebot von MTG-Systemen zur Messung von Aluminiumband in Aluminiumwalzwerken und Stranggießanlagen um einen spaltfreien Messsensor →6. Das von ABB erfundene und patentierte MTG Box Gauge System ist kompakt, robust und nutzt schwache Magnetfelder zur Messung mithilfe der PEC-Technologie. Das Messgerät ist sicher und beständig gegen mechanische Einwirkungen. Vor allem aber arbeitet der neue Sensor spaltfrei, d. h. oberhalb der Walzlinie ist nichts, was den Weg des zu messenden Bands behindern könnte. Diese einzigartige Erfindung kann zentral im Produktionsprozess platziert werden.

Das MTG Box Gauge System wird zum Schutz beim Einfädeln, Ausfädeln und bei Bandriss normalerweise unterhalb des Rollgangs installiert. Wie das MTG C-Frame System ist auch dieser neue Sensor unempfindlich gegen alles, was sich im Messbereich befindet, außer dem Metallband. Die echte





06

— 05 MTG-Kalibrierverfahren.

— 06 MTG Box Gauge System mit Messkopf, Hydraulik, Luftregler, Steuer- und Bedieneinheiten.

Aluminiumbanddicke wird mit einer Genauigkeit von 0,05 % von unten gemessen. Da es von sämtlichen Umgebungsbedingungen unabhängig ist, kann das kompakte Messgerät nahe am Walzspalt oder zwischen den Gerüsten platziert werden. Aufgrund der Immunität des Sensors gegen Materialschwankungen ist weder eine Kompensation für Legierungsgehalte noch eine umfangreiche Kalibrierung notwendig.

Durch das hydraulische Positionierungssystem kann das Messgerät messen, sobald die Bandzugspannung anliegt.

Lediglich 20 Minuten müssen alle sechs Monate für die Vor-Ort-Kalibrierung aufgewendet werden. Der Einsatz des MTG Box Gauge Systems ermöglicht eine bessere Aluminiumband-Dickenregelung und eine schnellere Rückmeldung für den Bandhersteller.

Das MTG Box Gauge System besteht aus dem Messkopf PMGG201-H mit Aluminiumbronze-Gehäuse, der auf einem vertikal beweglichen Rahmen

montiert ist. Der robuste Sensor passt seine Position automatisch an, um die Dickenmessungen zu optimieren. Durch das hydraulische Positionierungssystem kann das Gerät messen, sobald die Bandzugspannung anliegt. Die Steuereinheit PMGA201 ist in Wand- oder Standschrankschrankausführung erhältlich. Sie kommuniziert mit dem Messgerät und übernimmt die Verarbeitung der Messdaten sowie die Fehler- und Statusüberwachung. Systemschnittstellen für die Netzwerkkommunikation per VIP (Vendor Internet Protocol), OPC DA, Modbus TCP und eine Profibus-DP-Feldbuskommunikation zur Integration des Messsystems in andere Leitsysteme des Walzwerks sind möglich. Bediener haben die Möglichkeit, Funktionen wie Betriebsdiagnosen, Services und Einstellungen abzurufen und zu steuern.

Dank der Benutzerfreundlichkeit des Steuerungssystems und den Vorteilen des spaltfreien MTG Box Gauge Systems auf Basis der PRC-Technologie ist das System ideal für den Einsatz in Aluminiumwalzwerken geeignet. Materialunabhängigkeit, Unempfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen, hohe Sicherheit, schnelle Inbetriebnahme und geringer Kalibrieraufwand vor Ort bedeuten eine längere Produktionszeit und höhere Erträge bei praktisch null Wartungsaufwand. ●

MESSTECHNIK

50 Jahre Planheitsregelung mit ABB Stressometer

Seit 50 Jahren verhilft das ABB Stressometer-System Walzwerken zu mehr Qualität und Produktivität. Die Technologie hat sich im vergangenen halben Jahrhundert stark weiterentwickelt, und es lohnt sich, einen genaueren Blick auf das innovative System zu werfen, das bei der Bewältigung vieler Herausforderungen in Walzwerken eine Schlüsselrolle spielt.



Lars Jonsson
Force Measurement,
Measurement and Analytics

Västerås, Schweden
lars.o.jonsson@se.abb.com

Am 14. April 1967 lieferte ASEA, eines der Vorgängerunternehmen von ABB, das weltweit erste Planheitsmesssystem für Metallband an ein Walzwerk. Der Kunde, der das neue Produkt mit der Bezeichnung Stressometer erhielt, war der kanadische Aluminiumhersteller Alcan (heute Novelis). Mithilfe des Systems gelangen Alcan sofort erhebliche Verbesserungen in Produktivität, Ertrag und Qualität. Nach vielen technischen Verbesserungen,

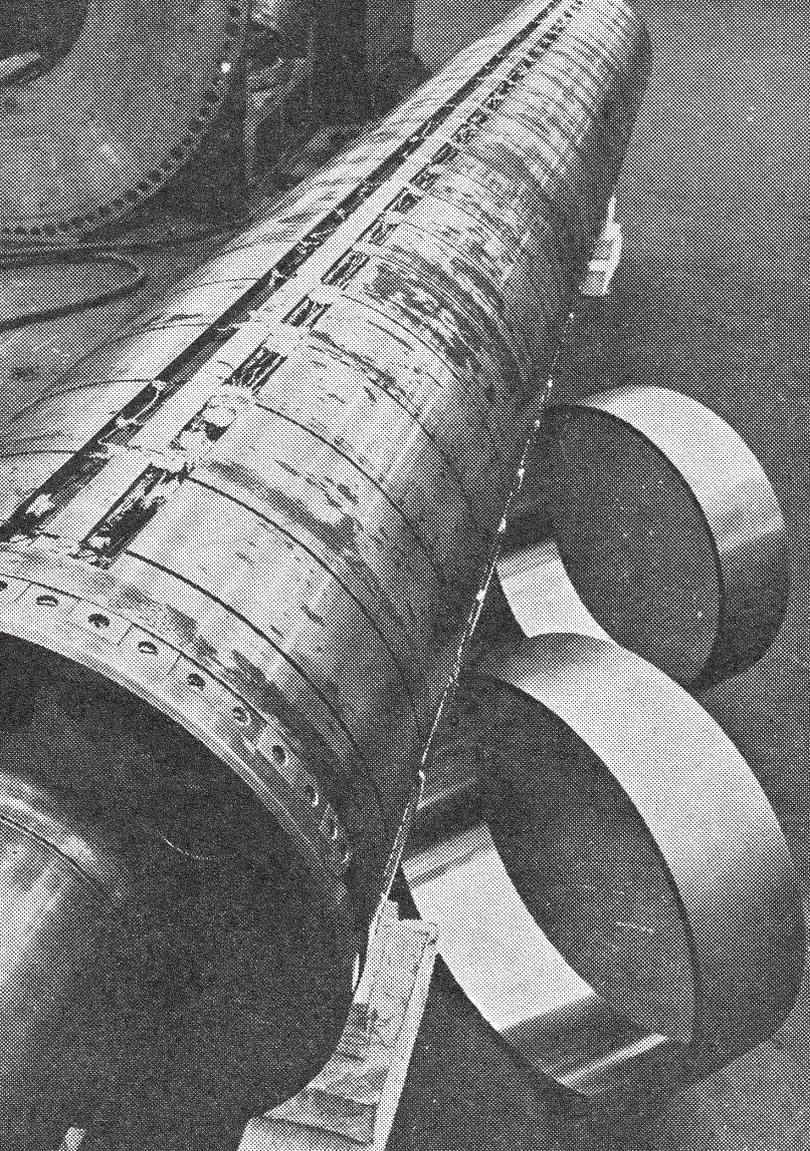
zukunftsweisenden Neuerungen und über 1.200 installierten Systemen seit 1967 feiert ABB nun das 50-jährige Bestehen des Stressometer-Systems →1.

Die Wurzeln von Stressometer liegen in der Pressductor®-Technologie. Pressductor ist ein von ASEA entwickelter und 1954 patentierter Messgeber zur Messung mechanischer Kräfte mithilfe des magnetoelastischen Effekts. Dieser besagt, dass die magnetischen Eigenschaften einiger Werkstoffe durch mechanische Kräfte beeinflusst werden, die auf sie wirken. Da Pressductor-Messgeber nicht



Mitte der 1960er Jahre starteten Alcan und ASEA ein gemeinsames Entwicklungsprojekt für einen Sensor zur Messung der Bandplanheit.

auf physische Bewegung oder Verformung angewiesen sind, zeichnen sie sich zum einen durch Empfindlichkeit und zum anderen durch außerordentliche Toleranz gegenüber Überlasten aus. Zudem wird eine nahezu unbegrenzte Anzahl von Lastzyklen unterstützt. Die ABB Pressductor-Sig-



02

— 01 Seit 50 Jahren verhilft das ABB Stressometer-System Walzwerken zu mehr Qualität und Produktivität. Das Bild zeigt den Bedienraum eines Tandem-Kaltwalzwerks für Aluminium mit zwei Stressometer-Systemen.

— 02 Erste 1967 an Alcan in Kingston (Kanada) gelieferte Stressometer-Messrolle (aus „ASEA Veckobladet“, 14. April 1967).

nalgeber erzeugen starke, niederohmige Wechselstromsignale, die unempfindlich gegen elektrische Störungen und Erdschlüsse sind.

Mit steigenden Anforderungen an die Metallbandverarbeitung in den 1960er Jahren stieg auch das Interesse an einer Möglichkeit zur Messung der Planheit während des Kaltwalzens, um eine automatische Planheitsregelung zu realisieren. Bis dato wurde die Planheit beim Kaltwalzen durch optische und akustische Beobachtung vom Bedienpersonal manuell geregelt.

Mitte der 1960er Jahre starteten Alcan und ASEA

Bereits früh entschied man sich für ein Konzept auf Basis einer Messrolle mit integrierten Pressductor-Sensoren.

ein gemeinsames Entwicklungsprojekt für einen Sensor zur Messung der Bandplanheit. Bereits früh entschied man sich für ein Konzept auf Basis einer walzwerkgerechten Messrolle mit integrierten Pressductor-Sensoren. Das erste System wurde 1967 im Kaltwalzwerk von Alcan im kanadischen Kingston installiert und umfassend getestet →2.

Die Idee bestand darin, die Querspannungsverteilung im Band zu regeln und dadurch die Bandplanheit zu verbessern. Man ging davon aus, dass eine geregelte Verteilung der Bahnspannung, d. h. der Bandplanheit, zu Verbesserungen in der Bandqualität und der Produktivität des Werks führen würde. Die Annahme sollte sich als richtig erweisen: Mithilfe des Stressometer-Systems und einer Planheitsregelung gelang es Alcan, die Planheit des gewalzten Bands wesentlich zu verbessern, den Ertrag zu steigern, die Anzahl der Bandrisse zu reduzieren und die Produktivität des Walzwerks durch eine höhere Geschwindigkeit und kürzere Durchlaufzeiten zu steigern. Mit anderen Worten, das neue Produkt war ein voller Erfolg.

50 Jahre Kundenzusammenarbeit

In den 50 Jahren seit der ersten Installation sind die Forderungen seitens der Bandnutzer und anderer Walzwerke nach einer noch ausgeklügelteren Planheitsregelung erheblich gestiegen. Dies hat ABB dazu veranlasst, das Stressometer-System in Zusammenarbeit mit Kunden kontinuierlich weiterzuentwickeln →3. Dadurch haben Walzwerkbetreiber die Möglichkeit, ihr Walzwerk in vollem Umfang zu nutzen, um hochwertiges Metallband mit maximalem Ertrag zu produzieren und gleichzeitig die Wartungsanforderungen auf ein Minimum zu reduzieren.

Das heutige Stressometer-System ist sowohl für Warm- als auch für Kaltwalzwerke ausgelegt. Die Dicken- und Produktbandbreite reicht von 0,005 mm Aluminiumfolie bis zu 12 mm Edelstahl.

Bandplanheitsregelung in einem Walzwerk

Bei der Planheitsregelung geht es darum, den Walzspalt des Walzgerüsts so regeln, dass er genau dem Dickenprofil des einlaufenden Bands entspricht. Stimmen sie nicht überein, kommt es zu Planheitsproblemen →5.

Das Stressometer-System misst die Kraftverteilung (F_i) auf der Rolle →6. Mithilfe der Bandzugspannung (T), Breite (w), Länge (L) und Dicke (t) kann die Spannungsverteilung im Band berechnet werden. Dividiert man diesen Wert durch den Elastizitätsmodul, lässt sich die (U_n)Planheitsverteilung ableiten. Die Planheitsverteilung wird in „I-Units“ gemessen. Dies entspricht der relativen Dehnungsverteilung multipliziert mit dem Faktor 100.000, d. h. eine I-Unit entspricht einer Längenänderung von 1 mm pro 100 m Band.

$$\text{Spannung: } \Delta\sigma_i = \frac{F_i - \bar{F}}{\bar{F}} \times \frac{T}{w \times t} \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\text{Unplanheit: } \frac{\Delta L_i}{L} = \frac{-\Delta\sigma_i}{E} \quad [x 10^5 = \text{I-Units}]$$

Die I-Unit wurde von ABB in den 1960er Jahren zur Quantifizierung der Planheit eingeführt und ist mittlerweile zur branchenweiten De-facto-Maßeinheit für die Planheit geworden.

STRESSOMETER-ENTWICKLUNGEN

1967	Lieferung des ersten Planheitssystems der Welt an Alcan in Kingston, Kanada →4	1994	Neuer Geber und neue Messrolle für Folienanwendungen
1970	Verbesserte Messauflösung: Zonenbreite von 84 mm auf 52 mm	1998	Weltweit erste HMI auf Basis eines Webbrowsers für Industrieanwendungen
1976	Erstes mikroprozessorbasiertes System (Intel 8080)	2001	Neue Generation mit zukunftssicherer Architektur (FSA)
1977	Erste digitale Planheitsregelung mit Rückkopplung (Kobe Steel, Japan)	2002	Nahtlose Messrolle für oberflächenkritische Anwendungen
1980	Weltweit erstes Planheitsregelungssystem für ein Vielwalzengerüst (Outokumpu)	2006	Prädiktive Planheitsregelung
1982	Weitere Verbesserung der Auflösung: von 52 mm auf 26 mm	2007	Folienmessrolle mit 26 mm Auflösung
1989	Digitale grafische Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) in Farbe	2011	Planheitsregelung mit Prozessidentifikation
1989	Erste Planheitsregelung der Welt auf Basis von Stellgliedermodellen	2013	Optimal koordinierte Regelung durch ESVD für Vielwalzengerüste
1990	Neue Technik zur Messung der Bandbreite und -kantenposition: Millmate-Bandscanner (MSS)	2014	Wartungsfreie digitale Signalübertragungseinheit (DTU)
1993	Messung und Ausgleich der Bandtemperatur in Stahlanwendungen	2017	Vollständig digitales System, RoHS-konform (Beschränkte Verwendung gefährlicher Stoffe)

03

Funktionsweise der Stressometer-Technologie

Der Schlüssel zur erfolgreichen Planheitsmessung und -regelung ist die Stressometer-Messrolle. Sie besteht aus einem massiven Kern mit vier axialen Nuten, in denen eine große Zahl von Pressductor-Sensoren untergebracht ist. Jede Messzone über die Breite der Rolle hat somit vier Sensoren. Dieses Prinzip der vier Sensoren war von Anfang an ein grundlegendes Merkmal des Stressometer-Konzepts, denn es bietet den Vorteil einer physischen automatischen Kompensation von Rollendurchbiegung und Temperaturveränderung, sodass keine Kompensationssoftware erforderlich ist und eine sehr schnelle Messansprechzeit erreicht wird.

Die Messrolle ist in Messzonen von 26 bzw. 52 mm Breite unterteilt. Ein aufgeschumpfter gehärteter Stahlring auf jeder Zone schützt die Sensoren und bietet eine geeignete Oberfläche für das gewalzte Metallband. Eine digitale Übertragungseinheit (DTU) sorgt für eine kontaktlose Energie- und Signalübertragung zu den Sensoren in jeder Rolle →7. Jede Zone misst unabhängig von den anderen die lokale, radial auf die Messrolle wirkende Bandkraft. Bei jeder Umdrehung der Messrolle werden vier Messungen durchgeführt – bei Drehzahlen von 1 bis 4.000 U/min. Die Stressometer-Rolle misst die gesamte Bandkraft einschließlich der Kantenspannungen. Die tatsächliche Bandplanheit wird in I-Units dargestellt.

Stressometer-Innovationen im Laufe der Jahre

Von Anfang an wurden sechs grundlegende Designprinzipien befolgt, um eine zuverlässige, genaue und schnelle Planheitsmessung sicherzustellen:

- Die Kraftmessung muss steif sein, d. h. die Verformung des Bands und des Kraftsensors sollte vernachlässigbar sein. Dadurch wird eine direk-

te und zuverlässige Kraftmessung ohne jegliche Spannungsfilterung aufgrund von Bandverformung erreicht.

- Die Sensoren müssen den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzen wie das umliegende Material. Dies minimiert Ungenauigkeiten aufgrund thermischer Effekte.
- Die Sensoren müssen in einem Walzwerk über viele Jahre hinweg ohne Neukalibrierung zuverlässig und präzise funktionieren.
- Die Messung sollte die gesamte Kraftverteilung

—
Walzwerkbetreiber haben die Möglichkeit, ihr Walzwerk in vollem Umfang zu nutzen, um hochwertiges Metallband mit maximalem Ertrag und minimalem Wartungsaufwand zu produzieren.

über die Bandbreite auf einmal erfassen – ohne Kraftverlust an den Rollenkern.

- Das Prinzip der vier Sensoren: Dies ermöglicht die viermalige Messung der gesamten Kraftverteilung pro Rollenumdrehung und sorgt dafür, dass das Messsignal von Temperaturänderungen und Rollendurchbiegung unbeeinflusst bleibt.
- Das Ausgangssignal einer Messzone muss direkt proportional zur Bandabdeckung sein. Dies ermöglicht die genaue Messung der Bandkanten.

Anforderungen an ein modernes Planheitssystem

Soll sich das Planheitsregelungssystem positiv auf Ertrag, Durchlaufzeiten und die Anzahl der Bandrisse auswirken, muss es eine Reihe strenger Anforderungen erfüllen:

—
03 Entwicklung des ABB Stressometer-Systems in den letzten 50 Jahren.

—
04 HMI der Planheitsmessung im Jahr 1967. Heute kann ein Computer oder Mobiltelefon als Bedienstation verwendet werden.

- Die wichtigste Anforderung ist Zuverlässigkeit: Das System darf keine ungeplanten Stillstände im Werk verursachen (geplante Stillstände sind akzeptabel). Das Stressometer-System hat eine mittlere Betriebsdauer zwischen Reparaturen (MTBR) von über 20 Jahren und nutzt eine wartungsfreie, kontaktlose Signalübertragung von der Rolle.
- Genaue Messung: Ohne genaue Messung der gesamten Spannungsverteilung kann keine Planheitsregelung gut funktionieren. (Die typische Messgenauigkeit des Stressometer-Systems liegt bei 0,5 I-Units.)
- Die Messung darf nicht durch Störungen aus dem Werk, z. B. eine schwankende Bandzugspannung, beeinflusst werden.
- Die Messung muss bei allen Walzgeschwindigkeiten gleich gut funktionieren und unabhängig von der Banddicke die Bandkanten sowie den Bandanfang und das Bandende beinhalten.
- Das Messsystem muss binnen Millisekunden und mehrfach pro gewalztem Meter Band genaue Ausgangswerte an das Planheitsregelungssystem liefern.
- Die tatsächliche Planheit muss dem Bedienpersonal auf intuitive Weise visualisiert werden.
- Das System muss ohne Anpassungen in der Lage sein, eine breite Palette von Produkten zu bewältigen und sollte sich niemals negativ auf die Bandoberfläche auswirken.
- Das Planheitsregelungssystem muss in der Lage sein, jederzeit und für alle Produkte sämtliche

Stellglieder im Walzwerk gleichzeitig und effizient zu nutzen. Da mehrere Kombinationen von Stellgliedern die gleiche Wirkung auf die Planheit haben können, muss das System in der Lage sein, die effizienteste Kombination zu

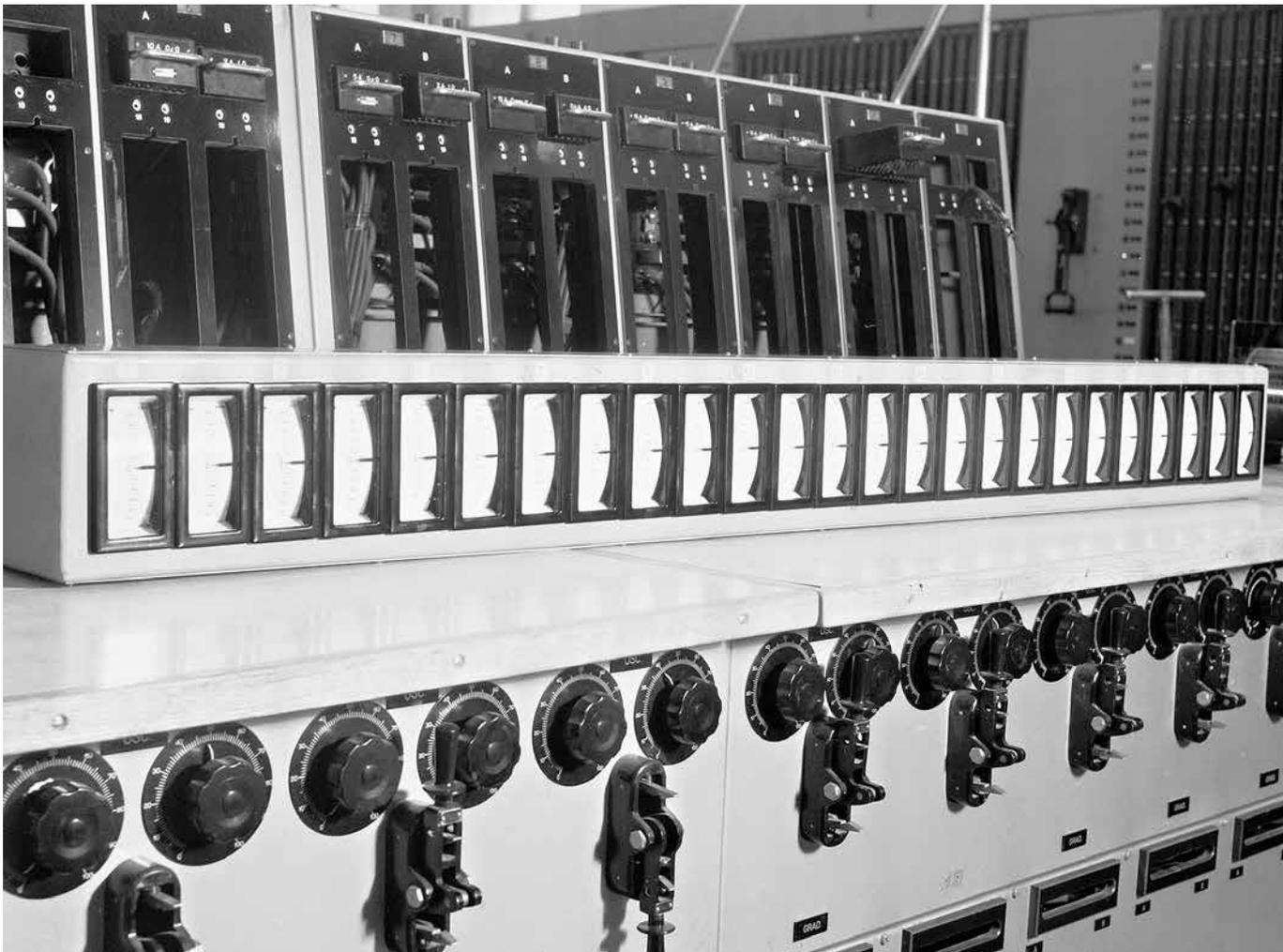
—
Das heutige Stressometer-System ist für Warm- und Kaltwalzwerke ausgelegt. Die Dicken- und Produktbandbreite reicht von 0,005 mm Aluminiumfolie bis zu 12 mm Edelstahl.

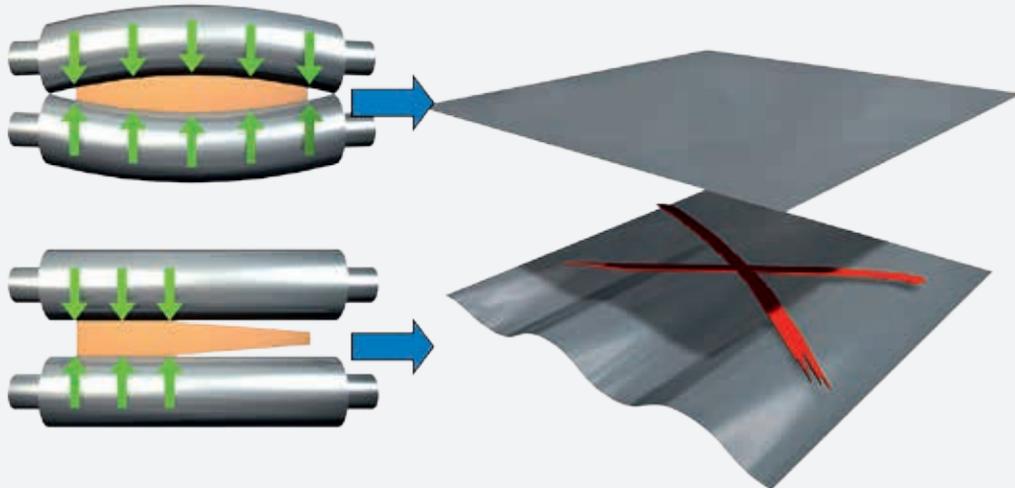
wählen. Es sollte keine manuelle Regelung erforderlich sein. Hier bietet das Stressometer-System gehobene Regelungsfunktionen einschließlich erweiterter Singulärwertzerlegung (ESVD) und adaptiver/prädiktiver Regelung →8.

Herausforderungen und Potenzial der Planheitsregelung

Die Walzindustrie sah sich in den vergangenen 50 Jahren mit vielen Herausforderungen konfrontiert, und es werden sicher noch einige auf sie zukommen. Eine ständige Herausforderung ist die Sicherung einer nachhaltigen Produktion mit minimierten Umwelt- und Klimaauswirkungen. Das Stressometer-

04





05

meter-System verbessert die Qualität und den Ertrag, d. h. es wird weniger Energie pro Tonne fertigem Produkt benötigt.

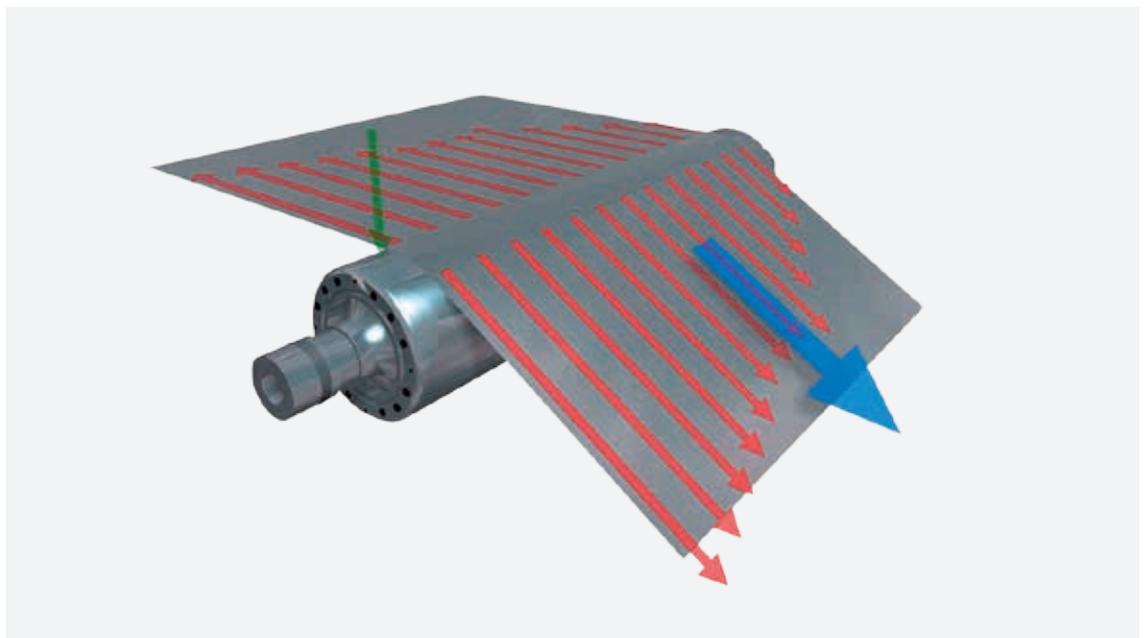
Eine weitere Herausforderung ist die Realisierung von Anlagen, die in der Lage sind, mit kurzen Lieferzeiten die steigende Anzahl von Produkten, Legierungen und Abmessungen zu produzieren, die der Markt verlangt – einschließlich kurzfristiger, kundenspezifischer Wünsche. Angesichts dieser Anforderungen muss es möglich sein, binnen Sekunden ohne Minderung der Qualität oder Produktivität von einer Produktart auf eine völlig andere umzuschalten.

Kostensenkung ist ein Bereich, in dem das Stressometer-System großes Potenzial bietet. So hängt die Produktivität eines Walzwerks unmittelbar mit dem erzielten Ertrag, den Durchlaufzeiten und den

Ausfallzeiten aufgrund von Bandrissen zusammen. In einem Aluminium-Kaltwalzwerk liegt die Ergebnissensibilität (Bottom Line Sensitivity, BLS) eines

—
Das Stressometer-System hat eine MTBR von über 20 Jahren und nutzt eine wartungsfreie, kontaktlose Signalübertragung von der Rolle.

Bandrisses typischerweise bei 10.000 USD. Für den Ertrag liegt der typische Wert bei 150.000 USD pro 0,1 % und für die Durchlaufzeit bei 100.000 USD/s.



06



07a

07b

—
05 Eine Übereinstimmung zwischen Walzspalt und Band ergibt ein planes Band. Ansonsten kommt es zu einer nicht konstanten Dehnung über die Bandbreite und somit zu Planheitsproblemen.

—
06 Das Stressometer-System misst die Kraftverteilung auf der Rolle.

—
07 Hardware für die Signalverarbeitung.

07a 1967 waren zur Verarbeitung der Signale von einer Messzone drei analoge Platinen erforderlich.

07b Heute ist die Signalverarbeitung vollständig digital, und die DTU verarbeitet 80 Messzonen parallel.

—
08 Planheitsregelung mit ESVD.

08a Stellglieder.

08b Auswirkung auf die Planheit.

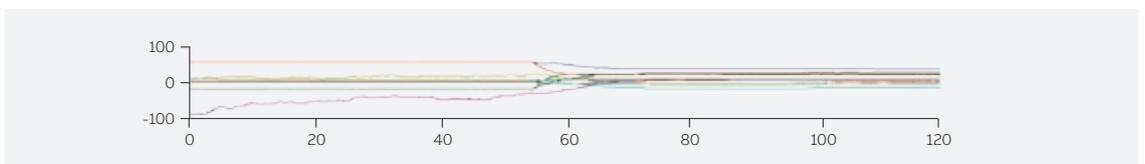
08c Mittlere Planheit und Regelungsstrategie.

Angesichts solcher Werte bedeutet jede Verbesserung, ganz gleich wie klein sie ist, einen erheblichen finanziellen Vorteil.

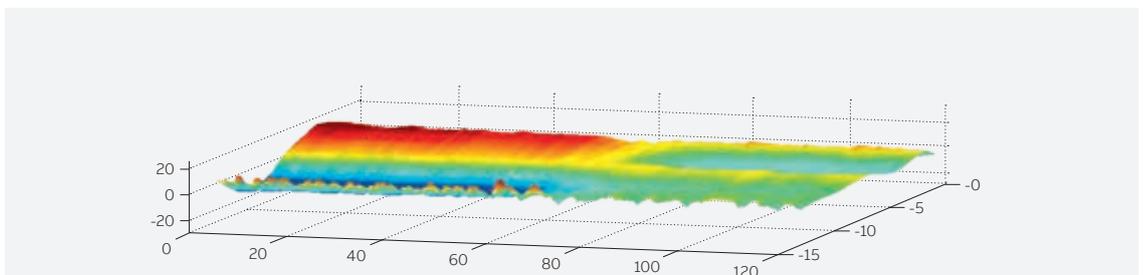
Die 50 Jahre Entwicklung des Stressometer-Systems haben zu einigen bedeutenden Produktverbesserungen geführt:

- Verwendbarkeit für alle Warm- und Kaltwalzprodukte
- Extrem hohe Zuverlässigkeit der Messrollen mit einer MTBR von über 20 Jahren
- Verbesserungen in der Auflösung, Genauigkeit, Ansprechzeit und Visualisierung
- Erweiterung der Planheitsregelung zu einem allgemeinen Konzept für alle bestehenden Walzwerktypen mit optimaler Nutzung der verfügbaren Stellglieder

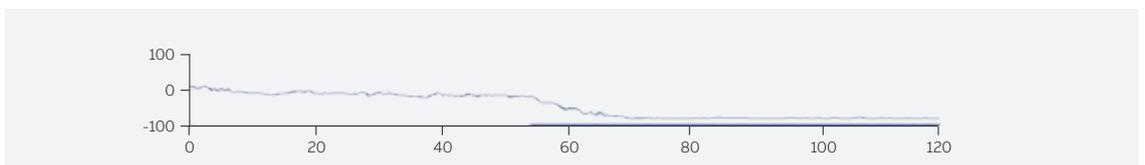
Die weitere Zusammenarbeit mit Kunden wird zeigen, wie Qualität und Produktivität auf die nächste Stufe gehoben werden können – vielleicht durch Ausweitung der Planheitsregelung auf vor- und nachgelagerte Prozesse. Dies beinhaltet z. B. die Regelung des Bandprofils beim Warmwalzen, sodass nachgelagert eine konsistente und kontrollierbare Planheit erreicht werden kann. Zukünftige Systeme werden außerdem auf sichere Weise mit dem sogenannten Internet der Dinge, Dienstleistungen und Menschen (IoTSP) verbunden sein. Diese Konnektivität wird es ABB ermöglichen, Kunden auch aus der Ferne bei der Sicherung einer optimalen langfristigen Leistungsfähigkeit ihrer Walzprozesse zu unterstützen. ●



08a



08b

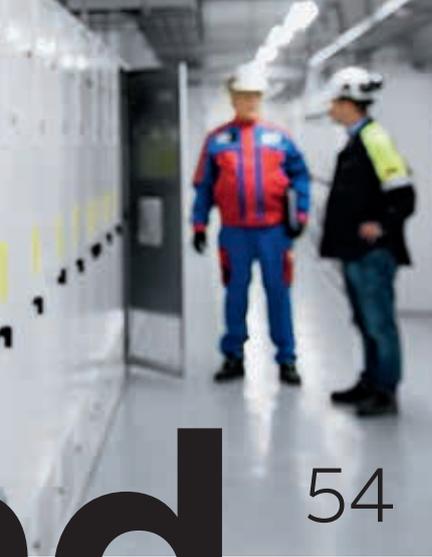


08c



Service und Zuverlässigkeit





54

nd gkeit



Der Ausdruck „Always-On“ bekommt im Hinblick auf die Fertigung und Infrastrukturen eine besondere Bedeutung. Es ist ein ehrgeiziges Ziel für Unternehmen, die die Leistungsfähigkeit bestehender Investitionen steigern wollen, und eine grundlegende Anforderung an kritische Services wie die Stromversorgung. Eine stärker vernetzte Welt ist abhängiger von zuverlässig funktionierenden Verbindungen. Nach einer Störung müssen Geräte und Systeme ihren Betrieb schnell wieder aufnehmen oder – noch besser – Probleme gänzlich vermeiden. ABB sucht nach innovativen Wegen, um die Wertschöpfung vorhandener Geräte zu verbessern und dafür zu sorgen, dass neue und alte Geräte zuverlässig zusammenarbeiten.

- 54 Potenziale freisetzen durch Retrofitting
- 60 Generatoren für das Zeitalter der variablen Stromerzeugung
- 65 IGBT-Stromrichter verlängern die Lebensdauer der Lokomotiven Re460

SERVICE UND ZUVERLÄSSIGKEIT

Potenziale freisetzen durch Retrofitting

Ein moderner Ansatz zur Lebenszyklusoptimierung für ABB-Frequenzumrichter bietet sofortige Leistungssteigerungen und eine nachhaltige Möglichkeit, bestehenden Anlagen neues Leben einzuhauchen.



01



Marjukka Virkki
Country Service Manager,
Finland

Helsinki, Finnland
marjukka.virkki@fi.abb.com

Wird der Frequenzumrichterbestand eines Unternehmens älter, so gewinnen Lifecycle-Services zunehmend an Bedeutung. Drive Services verhindern nicht nur Ausfälle, sie verbessern auch die Produktivität und Zuverlässigkeit des Umrichters und tragen zur betrieblichen Gesamteffizienz des Unternehmens bei. Eine Serviceleistung, die das Potenzial alternder Umrichter freisetzen und ihre Leistungsfähigkeit verbessern kann, sind Retrofits.

Service ist entscheidend

Da sich Unternehmen zunehmend auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren, nimmt der Bedarf an Services von Umrichteranbietern zu und wird immer mehr zu einem kritischen Bestandteil der Betriebsabläufe. Frequenzumrichter sind ein wichtiger Bestandteil vieler Industrieprozesse, wo sie in verschiedensten Anwendungen für eine hohe Energieeffizienz, Produktivität und Leistungsfähigkeit von Elektromotoren sorgen. Fällt ein solcher Umrichter unerwartet aus, kann dies Betriebsabläufe zum Stillstand bringen und dem Unternehmen eine Vielzahl von Problemen bereiten. Die beste Strategie besteht darin, einen Ausfall zu verhindern, bevor er eintritt. Im Laufe des Produktlebenszyklus wird dies typischerweise durch regelmäßige Wartung erreicht. Doch bei Frequenzumrichtern, die am Ende ihres Lebenszyklus stehen, ist ein Retrofit oder Austausch die beste Lösung, um die Gefahr von Ausfällen und ungeplanten Produktionsstillständen zu minimieren →1. Gleichzei-

tig wird dadurch häufig die Leistungsfähigkeit des Umrichters verbessert →2.

Aufbauend auf dem Lebenszyklusmanagement-Gedanken hat ABB ein Lebenszyklusmanagementmodell entwickelt, das die Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit eines Frequenzumrichters über seinen Lebenszyklus hinweg darstellt →3. Das Modell teilt den Lebenszyklus eines Produkts in vier Phasen ein: Aktiv (Active), Klassisch (Classic), Begrenzt

Eine Serviceleistung, die das Potenzial alternder Umrichter freisetzen und ihre Leistungsfähigkeit verbessern kann, sind Retrofits.

(Limited) und Abgekündigt (Obsolete). In der aktiven und klassischen Phase eines Produkts ist ein komplettes Angebot an Services und Supportleistungen von ABB verfügbar. In der begrenzten und abgekündigten Phase hingegen sind die einzigen verfügbaren und daher empfohlenen Services der Austausch und der Retrofit, die – neben einer Modernisierung des Umrichters – den Lebenszyklusstatus des Produkts wieder auf „aktiv“ zurücksetzen.



—
01 Eine Retrofit-Lösung ist häufig auf die besonderen Bedürfnisse des Kunden zugeschnitten.

Da Industrieunternehmen häufig mehrere verschiedene Instandhaltungsstrategien für ihre Investitionen verfolgen, bietet ihnen das breite Angebot von ABB die Möglichkeit, die Drive Services zu wählen, die ihre Strategien am besten unterstützen. Als Bestandteil des Lebenszyklusmanagementmodells und des ABB-Serviceangebots unterstützt der Retrofit sowohl Austauschservices als auch andere Lösungen, um ABB-Kunden verschiedene Optionen für die Instandhaltung ihrer Frequenzumrichter zu bieten.

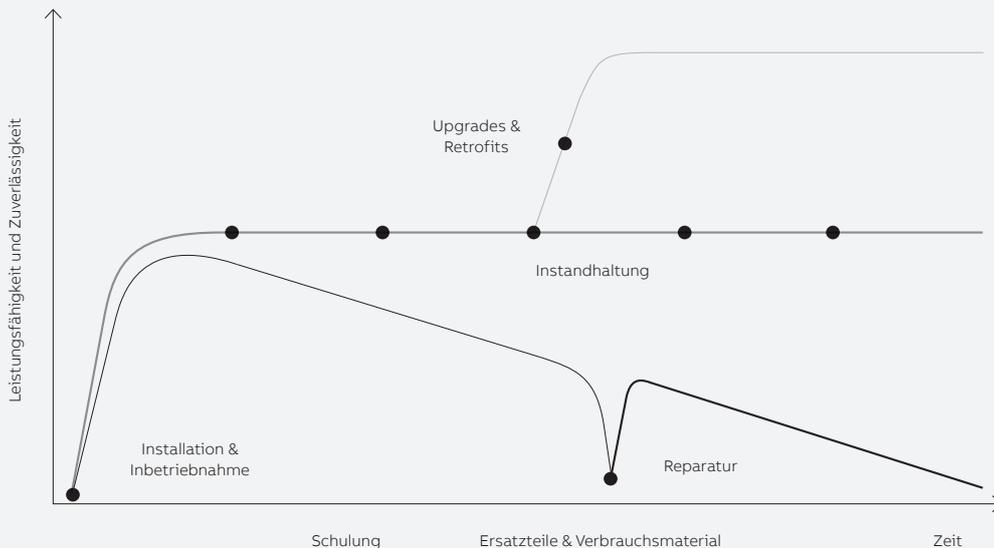
Entwicklung der Retrofit-Services

Der Ausgangspunkt für die Konzeption eines Retrofits ist häufig kompliziert, da die Implementierung neuester Umrichtertechnologien in verschiedene Generationen von Umrichtern komplexe Engineering-Fähigkeiten erfordert. Gleichzeitig müssen die Anforderungen des Kunden im Hinblick auf eine schnelle Installation, kundenspezifische Anpassung und die veränderlichen Bedingungen vor Ort berücksichtigt werden. Um ihren Kunden eine bestmögliche Wertschöpfung zu bieten, startete ABB Ende der 2000er Jahre ein Projekt zur Standardisierung ihres Retrofit-Angebots. Im Jahr 2007 war Marjukka Virkki, heute Country Service Manager für Finnland, als F&E-Leiterin im Bereich Drives Service tätig und leitete gleichzeitig das Standardisierungs- und Konzeptentwicklungsprojekt für Retrofits: „Als ich 2007 meine Tätigkeit als Projektleiterin begann, erkannte ich, dass wir die Retrofit-

Lösungen nicht individuell fallabhängig verkaufen können, wenn wir das Volumen von hochwertigen Retrofits für alle potenziellen Kunden hochskalieren wollen. Natürlich ist so sichergestellt, dass das Design auf den genauen Bedürfnissen des Kunden basiert, doch es kann sich negativ auf die Qualität der Dokumentation und die Installationszeit auswirken. Außerdem war es nicht möglich, die Lieferkette zu optimieren, um das Produktkostenziel zu erreichen. Laut Kundenrückmeldungen mussten wir unsere Lieferzeiten verkürzen, was – zusammen mit der Volumensteigerung – ohne Standardisierung nicht möglich gewesen wäre. Ferner mussten

—
Das breite Angebot von ABB bietet Industrieunternehmen die Möglichkeit, die für sie passenden Drive Services zu wählen.

wir unsere Vor-Ort-Servicekapazitäten erhöhen, da die Zahl der Installationen weltweit anstieg und der Bedarf an hochwertiger Dokumentation, Schulungsmaterial und Kursen deutlich wurde. Um die Wahrscheinlichkeit von plötzlich auftretenden Risiken zu reduzieren, wurde ein kontinuierlicher Lernprozess eingerichtet.



02

Wir starteten die Entwicklungsarbeit mit einer Beurteilung der Marktsituation und der Bedürfnisse des Marktes. Dann führen wir mithilfe eines kleinen Projektteams mit der Definition der Produktstruktur mit standardisierten Untereinheiten und der Erstellung von Dokumentation, Anweisungen und Prozessbeschreibungen fort. In enger Zusammenarbeit mit der Beschaffung haben wir die Anbieter ausgewählt und die Volumenproduktion mit klaren KPIs und Zielen aufgebaut.“

Bei der Entwicklung von Retrofit-Services geht es stets um den Kunden und das Erfüllen von Kundenbedürfnissen. Marjukka erklärt weiter, wie man die bestmögliche Servicequalität für die Kunden sicherstellt: „Bei der Entwicklung der Retrofit-Services haben wir versucht, vornehmlich die gleichen

—
Bei der Entwicklung von Retrofit-Services geht es stets um den Kunden und das Erfüllen von Kundenbedürfnissen.

Komponenten zu verwenden wie in den neuesten Umrichterprodukten. Dies macht die Installation und Montage effizienter und verbessert die Zuverlässigkeit des Retrofits, da die Komponenten bereits vom Produktwerk getestet und freigegeben wurden. Außerdem haben wir die vorhandenen Design- und Dokumentationsstandards und Arbeitsweisen aus der Produktentwicklung übernommen. Heute wird erwartet, dass alles – von Luftspaltabmessungen bis hin zur Beherrschung von Wirbelströmen – in Retrofits die gleichen Designkriterien erfüllt wie bei unseren neuen Produkten. Auch dies zeigt unsere hohen Qualitätsstandards.“

Heute werden die meisten Retrofits als Standardpaket geliefert. Kontinuierliche Lernverfahren sorgen dafür, dass Kunden stets die hochwertigsten und kostengünstigsten Retrofit-Lösungen mit schnellen Liefer- und Installationszeiten erhalten. Darüber hinaus können die standardisierten Pakete die Zeit und das Risiko von Retrofit-Projekten minimieren.

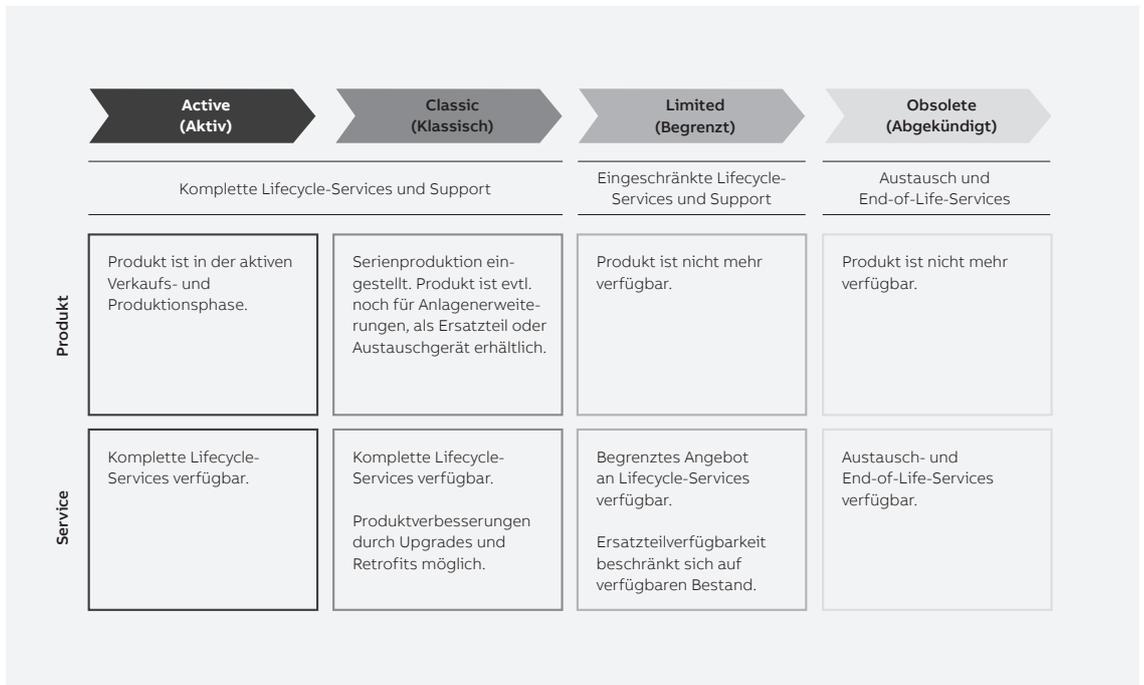
04



—
02 Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit eines Produkts in Abhängigkeit von der Zeit.

—
03 Das ABB-Lebenszyklusmanagementmodell.

—
04 An der Verzinkungslinie 3 von SSAB in Hämeenlinna werden binnen fünf Jahren 151 alternde ACS600-Frequenzrichter modernisiert, um ihre Instandhaltbarkeit und Zuverlässigkeit zu sichern.



03

Auch wenn standardisierte Pakete viele Vorteile bieten, entwickelt ABB weiterhin einige Retrofits individuell und fallabhängig, um sicherzustellen, dass die verschiedenen Anforderungen des Kunden erfüllt werden. Bei allen Retrofits von ABB sorgen systematische Dokumentationsverfahren, Qualitätssicherung und hoch qualifizierte Ingenieure für eine hohe Qualität und lange Lebensdauer der Frequenzrichter.

Erfolgreiche Piloten für neue Serviceprodukte
Im Rahmen der Entwicklung neuer Services hat ABB in verschiedenen Ländern mehrere Pilotprojekte mit Kunden aus verschiedenen Industrien wie Zellstoff und Papier, Metall, Bergbau oder Nahrungsmittel und Getränke erfolgreich durchgeführt. Diese Pilotprojekte helfen ABB dabei, die Zuverlässigkeit neuer Retrofit-Konzepte sicherzustellen und die Funktion interner Prozesse vom





05

Auftrag über die Lieferung bis hin zur Installation und Inbetriebnahme zu verifizieren. Eines dieser Pilotprojekte wurde erfolgreich in Zusammenarbeit mit dem Stahlunternehmen SSAB durchgeführt, das sich anschließend dazu entschloss, sämtliche Frequenzrichter der Verzinkungslinie 3 in seinem Werk im finnischen Hämeen-

—
So erhalten Kunden stets die hochwertigsten und kostengünstigsten Retrofit-Lösungen mit schnellen Liefer- und Installationszeiten.

linna zu modernisieren. Das Projekt umfasst den Retrofit von 151 Umrichtern, die schrittweise über einen Zeitraum von fünf Jahren installiert werden sollen →4.

SSAB ist ein weltweit operierender Stahlhersteller und führender Produzent von modernen hochfesten und vergüteten Spezialstählen. Die Verzinkungslinie 3 im Werk von SSAB in Hämeenlinna produziert verzinktes Stahlblech für die Bau- und Automobilindustrie. Der reibungslose Betrieb der Linie ist von entscheidender Bedeutung, da die hoch spezialisierten Produkte der Linie nicht woanders produziert werden können.

Ein maßgeschneiderter Retrofit

Vor einigen Jahren informierte ABB SSAB, dass sich die Frequenzrichter vom Typ ACS600 dem Ende ihrer Lebensdauer näherten und somit technischer Support und Ersatzteile künftig nur noch begrenzt verfügbar sein würden. Nach Erwägung mehrerer Optionen entschied sich SSAB, die Geräte mithilfe des Retrofit-Service von ABB zu modernisieren und in die „aktive“ Lebenszyklusphase zurückzusetzen.

„Der schrittweise Retrofit war ein gute Lösung für uns“, sagt Tero Saarenmaa, Electrical Maintenance Section Manager bei SSAB in Hämeenlinna. „So hatten wir die Möglichkeit, effektive vorbeugende Instandhaltung mit Originalersatzteilen zu betreiben und gleichzeitig den vollen Service und Support für diese wichtigen Geräte zu bekommen. Außerdem konnten wir die alten Produkte als Ersatzteile für die älteren ACS600-Frequenzrichter nutzen, bis der Retrofit abgeschlossen war. Die Gesamtwirtschaftlichkeit und die reduzierte Stillstandzeit waren für uns die entscheidenden Argumente für die Wahl des Retrofit-Service.“ Laut Matti Aaltonen, Drives and Controls Service Sales Manager bei ABB, war die Fähigkeit, die Lösung speziell auf die Bedürfnisse von SSAB zuzuschneiden, wichtig. „Da eine standardmäßige Retrofit-Lösung deren Anforderungen nicht vollständig gerecht wurde, schneiderten wir eine Lösung auf die speziellen Bedürfnisse von SSAB zu. Es werden alle Komponenten aus den alten Schrän-



ken entfernt und maßgeschneiderte ACS880-Retrofit-Kits für die etwas breiteren ACS600MD-Schänke installiert →5. Die Steuerung der Umrichter erfolgt weiterhin über das vorhandene AC80-Steuerungssystem mit einigen Modifikationen der AC80-Software. Der Projektumfang beinhaltet die Inbetriebnahme, und die geringfügigen Programmänderungen für die neuen ACS880 werden während der Wartungsstillstände durchgeführt.“

Modernes Servicegeschäft

Während die Gründe von Kunden für die Wahl eines Retrofit-Service unterschiedlich sind, gibt es einige eindeutige Vorteile. Einer der häufigsten Gründe für einen Retrofit ist, dass der Service dem Unternehmen die Möglichkeit bietet, neue Investitionen schrittweise zu tätigen.

Die Retrofit-Services senken nicht nur die Investitionsausgaben des Kunden, da die Investitionen über einen längeren Zeitraum getätigt werden können, sondern ermöglichen auch die Durchführung der Installationen während kürzerer Produktionsunterbrechungen. Darüber hinaus profitieren Retrofits von neuen Technologien und erhöhen somit häufig die Effizienz des Umrichters. So verfügen neue Frequenzumrichtergenerationen z. B. über integrierte Funktionen für den Fernzugriff und die Selbstdiagnose, die den Support und die Zustandsüberwachung aus der Ferne ermöglichen. Dies wiederum verbessert die Verfügbarkeit und Optimierung des Umrichters und verkürzt die Reaktionszeit bei einem Ausfall. Ferner spart der Kunde durch die Weiterverwendung des vorhandenen Schrankes, der Kabel und der Motoren viel Zeit und Geld, da keine Umbauten oder Änderungen – z. B. am Kühlsystem oder der Verkabelung – vorgenommen werden müssen.

— 05 Alter (links) und modernisierter Frequenzumrichter (rechts).

— 06 ACS880-Retrofit für ACV700/SamiStar-Frequenzumrichter mit zwei Modulen.

Angesichts der Tatsache, dass die wachsende Weltbevölkerung die Ressourcen der Erde immer stärker beansprucht, gewinnen die Umweltauswirkung und die Ressourcennutzung eines Unternehmens zunehmend an Bedeutung. Retrofit-Services tragen durch die Wiederverwendung vorhandener Kabel, Motoren und Schränke zur Minimierung von

—
Retrofits sichern dem Kunden den Zugang zu einem kompletten Angebot an Lifecycle-Services und Supportleistungen.

Abfall bei und stellen gleichzeitig die neueste Technologie mit besseren Tools und Diagnosefunktionen bereit →6. Laut einer von ABB im Jahr 2015 durchgeführten Studie im Bereich Zellstoff und Papier waren die CO₂-Gesamtemissionen bei einem Retrofit um über 65% geringer als bei einer neuen Anlage. Während die CO₂-Menge für die neue Installation 6.402 kg betrug, lag sie für das Retrofit-Kit bei nur 2.215 kg, wobei die Einsparungen sowohl bei der Produktion als auch beim Transport der Ausrüstung erzielt wurden.

Ein per Retrofit modernisierter Frequenzumrichter erhält aktuelle Umrichtertechnik und aktuellen Produktsupport. Retrofitting ist eine schnelle und effiziente Methode zur Modernisierung eines installierten Bestands, mit der sofortige Verbesserungen der Leistungsfähigkeit von Kundenanlagen und Kundenprozessen erzielt werden können. Darüber hinaus sichern Retrofits dem Kunden auf Jahre hinaus den Zugang zu einem kompletten Angebot an Lifecycle-Services und Supportleistungen. ●



SERVICE UND ZUVERLÄSSIGKEIT

Generatoren für das Zeitalter der variablen Stromerzeugung

Anlagen zur Netzstützung werden häufig an- und abgeschaltet und sind schnellen zyklischen Belastungen ausgesetzt. Um die Zuverlässigkeit zu gewährleisten, sind konstruktive Verbesserungen der Wechselstromgeneratoren erforderlich, damit diese den zusätzlichen Beanspruchungen standhalten. Welche Konstruktionsparameter sind hierbei besonders wichtig?

Timo Holopainen
Jari Jäppinen
Juhani Mantere
John Shibutani
Jan Westerlund
ABB Motors and Generators

Helsinki, Finnland
timo.holopainen@fi.abb.com
jari.jaappinen@fi.abb.com
juhani.mantere@fi.abb.com
john.shibutani@fi.abb.com
jan.westerlund@fi.abb.com

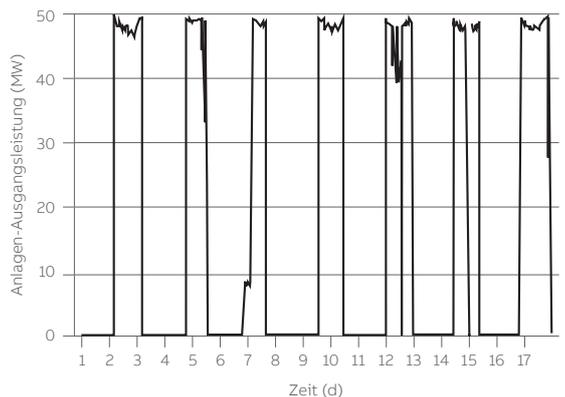
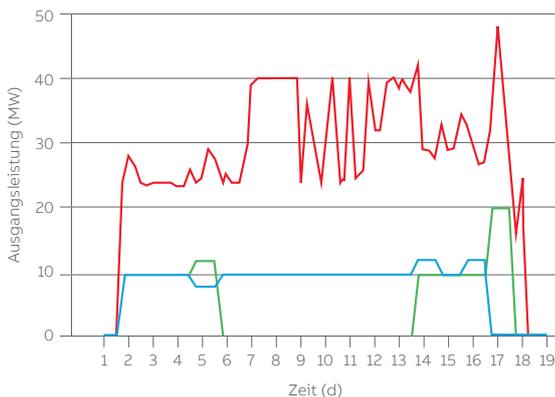
Mats Östman
Wärtsilä Finland Oy
Helsinki, Finnland

Joonas Helander
ehemaliger ABB-Mitarbeiter

Es werden immer mehr erneuerbare Energiequellen an das Stromnetz angebunden, von denen viele ein stark schwankendes Energiedargebot aufweisen. Diese Schwankungen müssen durch flexible Anlagen zur Netzstützung ausgeglichen werden. Im Gegensatz zu traditionellen Erzeugungsanlagen werden diese häufig an- und abgeschaltet und sind schnellen zyklischen Belastungen ausgesetzt. Laut Untersuchungen realer Lastzyklen im Netzstützungsbetrieb ist der Hauptfaktor, den es bei der Konstruktion der Generatoren zu berücksichtigen gilt, die höhere Anzahl von zyklischen Wärme- und Drehzahlbelastungen. Um die erforderliche Zuver-

lässigkeit zu gewährleisten, sind konstruktive Verbesserungen der Generatoren erforderlich, damit diese den zusätzlichen Beanspruchungen standhalten können →1.

Angetrieben durch die Gesetzgebung und das verstärkte Bewusstsein für den Klimawandel nimmt der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung stetig zu. Die zunehmende regenerative Erzeugung, die häufig schwankend und trägheitslos ist, stellt das Stromnetz, die Netzregelung und vorhandene Erzeugungsanlagen vor neue Herausforderungen. Andere Erzeugungsanlagen müssen





01

—
01 Generatoren in Anlagen zur Netzstützung müssen den thermischen und mechanischen Belastungen häufiger An- und Abfahrvorgänge standhalten. Das Bild zeigt eine Anlage mit separaten Generatorsätzen im Kraftwerk Kiisa, Estland.

—
02 Gemessene Ausgleichsleistung einer Anlage mit Verbrennungsmotor über einen Zeitraum von 18 Stunden.

—
03 Leistungsabgabe einer Anlage über den Zeitraum einer Woche im August 2013.

—
04 Für die Analyse der Wärmezyklen verwendete Generatorlastprofile.

04a Wiederholtes Anfahren von null auf Vollast in fünf Minuten mit anschließendem Abfahren auf Nulllast, gefolgt von einem fünfminütigen Stillstand.

04b Schnelles Anfahren auf Vollast in fünf Minuten mit anschließendem zwei-stündigen Vollastbetrieb, gefolgt von einem schnellen Abfahren auf Nulllast in einer Minute.

häufiger an- und abgeschaltet werden, wobei ein schnelles Anlaufen und eine hohe Lastwechselfähigkeit erwartet wird. Dies verursacht zusätzliche Kosten und eine zusätzliche Belastung vorhandener Anlagen.

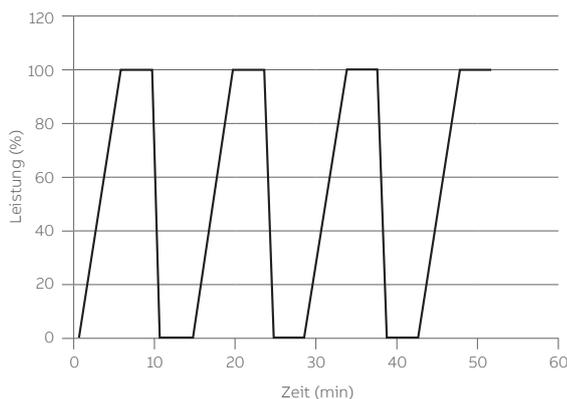
Lastzyklen von Kraftwerken

Traditionell werden Wechselstromgeneratoren unter Nennbedingungen und über lange Zeiträume unterbrechungsfrei mit konstanter Drehzahl betrieben. Dies bestimmt auch die Konstruktionsprinzipien und die Dimensionierung der Bauteile. Der Betrieb zum Netzausgleich ist jedoch durch einen schnellen Wechsel von Betriebs- und Stillstandzeiten gekennzeichnet, was eine deutlich

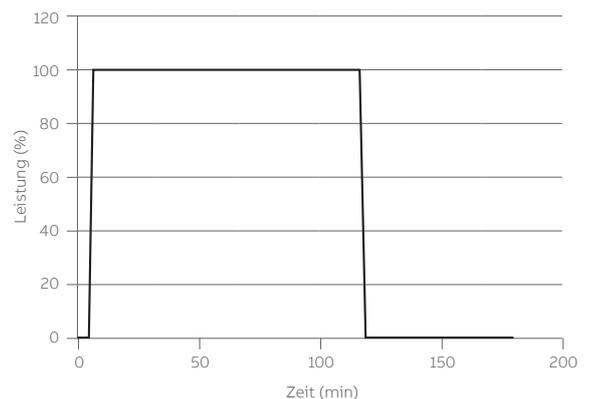
höhere Zahl von An- und Abfahrvorgängen bedeutet →2.

Prinzipiell liegt der Unterschied zwischen dem traditionellen Generatorbetrieb und dem Netzausgleich in der Anzahl der Lastzyklen und der Steilheit der Laständerung.

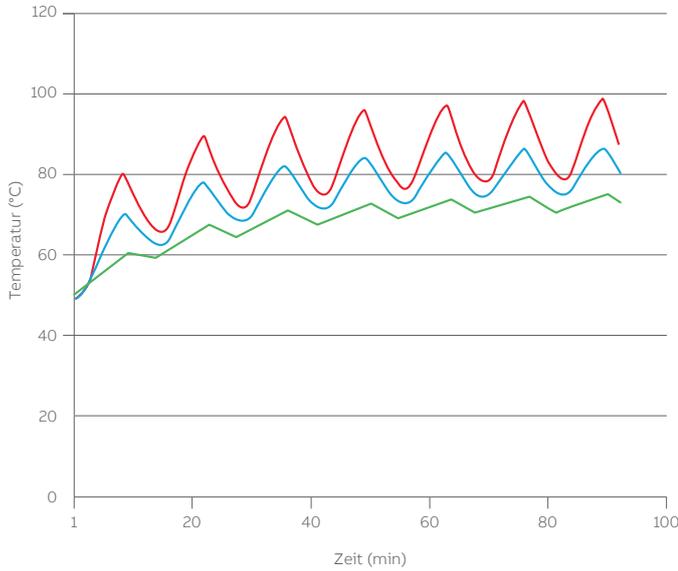
Moderne Generatorsätze können innerhalb von 30 Sekunden auf volle Drehzahl und innerhalb von fünf Minuten auf Vollast hochfahren. Das Abfahren von Vollast bis in den Stillstand dauert eine Minute. Die in →3 dargestellte Anlage wurde innerhalb von sechs Tagen neunmal an- und abgefahren, was im Schnitt 500 An- und Abfahrvorgängen im Jahr entspricht. In der Praxis kann diese Zahl noch viel höher sein.



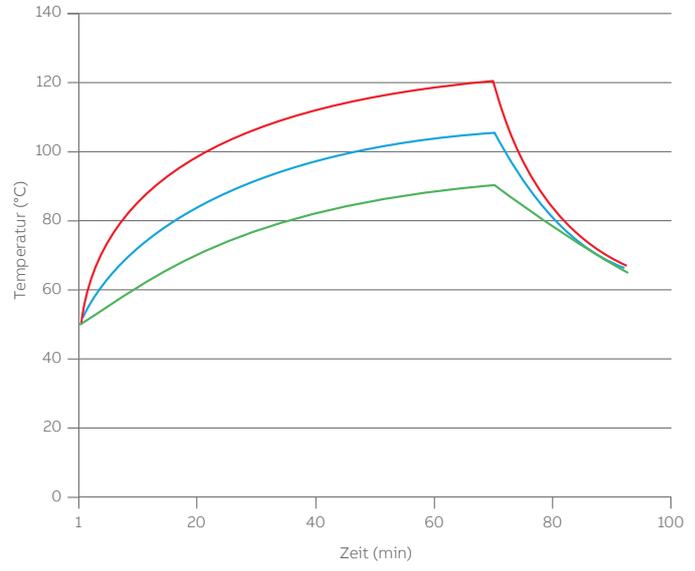
04a



04b



05a — Statorwicklung in Nut — Statorkern, Zähne — Statorkern, Joch (Durchschn.)



05b — Statorwicklung in Nut — Statorkern, Zähne — Statorkern, Joch (Durchschn.)

Belastungsprofile

Die einzelnen Teile des Generators erwärmen und kühlen sich in der Regel ungleichmäßig und mit unterschiedlichen thermischen Zeitkonstanten ab. Diese transiente Anisotropie ist die Hauptursache für Wärmespannungen und macht die Analyse von Wärmezyklen anspruchsvoll.

Für die Analyse und Simulation des thermischen Verhaltens wurden zwei verschiedene Belastungsprofile aus der oben beschriebenen realen Anlage herangezogen →4. Diese Beispiele liefern eine maximale Anzahl von Last-/Stillstand-Zyklen und somit auch eine Höchstzahl von thermischen Lastzyklen für die Evaluierung →4a–4b sowie ein Temperaturgefälle zwischen der Wicklung und dem Kern, das nahe an seinem Höchstwert liegt.

Analyse der Wärmezyklen

Man kann davon ausgehen, dass die Wärmespannungen vorrangig in den Wicklungen und im Kernbereich des Generators entstehen. Zur Vorhersage von Wärmespannungen ist die Simulation der Temperaturverteilung erforderlich. Da Kupfer eine hervorragende und Stahl eine gute thermische Leitfähigkeit besitzt, finden sich die größten Temperaturgefälle in den elektrischen Isolierungsschichten zwischen den Kupfer-Kupfer- und Kupfer-Stahl-Übergängen. Der Temperaturunterschied zwischen diesen Teilen bestimmt die Wärmespannung im Generator.

Mithilfe einer Wärmenetzmethode wurde das transiente thermische Verhalten der aktiven Teile eines Wechselstromgenerators, z. B. des Stators, vorhergesagt. In dem Fall mit mehreren aufeinanderfolgenden kurzen Last-/Leerlaufzyklen kann der Temperaturunterschied zwischen Wicklung und Kern während der Lastzyklen um 10 bis 25 K variieren →5a. Bei längeren Vollastperioden, in denen beinahe die maximalen Betriebstemperaturen erreicht werden, kann der Temperaturunterschied zwischen Wicklung und Kern bis zu 30 K betragen →5b.

Da die Statorspulen aufgrund der Imprägnierung fest mit den Nutwänden verbunden sind und sich nicht frei bewegen können, entstehen innere Spannungen in den Isolierungsschichten, die ohne geeignete Maßnahmen zu Rissbildung führen können.

—
Der Unterschied zwischen traditionellem Generatorbetrieb und Netzausgleich liegt in der Anzahl der Lastzyklen und der Steilheit der Laständerungen.

Analyse der Drehzahlzyklen

Normalerweise sind Schwingungen in Wechselstromgeneratoren auf die Hin- und Herbewegungen des Verbrennungsmotors zurückzuführen. Ein Generatorsatz ist so komplex, dass sich das Schwingungsverhalten nur durch numerische Simulationen mit der erforderlichen Genauigkeit vorhersagen lässt. Die einzige Möglichkeit, die Dauerfestigkeit der Konstruktion zuverlässig zu untersuchen, besteht in der Durchführung einer Antwortanalyse für den gesamten Generatorsatz. Dauerhaft laufende Generatoren sind schwingungsmäßig so ausgelegt, dass Hauptresonanzen vermieden werden. Aufgrund der hohen Zahl von An- und Abfahrvorgängen müssen bei der Auslegung von Generatoren für den Netzausgleich auch die An- und Abfahrvorgänge analysiert werden.

Auswirkungen auf die Generatorkonstruktion

Basierend auf der Analyse der Wärme- und Drehzahlzyklen und den Erfahrungen aus anderen hoch zyklischen Generator- und Motoranwendungen

—
05 Vorhersage der Statortemperatur eines Wechselstromgenerators (20,8 MVA, 13,8 kV, 60 Hz und 514 min⁻¹).

05a Bei maximaler Frequenz des Wärmezyklus schwankt der Temperaturunterschied zwischen Wicklung und Kern zwischen ca. 10 K und 25 K mit einem Spitzenwert nach dem ersten Zyklus.

05b Bei maximaler Amplitude des Wärmezyklus erreicht der Temperaturunterschied zwischen Wicklung und Kern einen Wert von 30 K.

—
06 Beispiel der Testergebnisse zur Verifizierung der Lebensdauer der Wicklungsisolierung (Arrhenius-Gleichung angewandt auf die erfassten Testdaten mithilfe der Kleinste-Quadrate-Methode).

gibt es mehrere Teile im Generator, die bei der Konstruktion zuverlässiger Generatoren für Netzausgleichsanwendungen sorgsam durchdacht werden müssen.

—
Die Generatorteile erwärmen und kühlen sich ungleichmäßig und mit unterschiedlichen thermischen Zeitkonstanten ab, was die Analyse von Wärmezyklen anspruchsvoll macht.

Isolierung und Wicklungssystem

Wie bereits erwähnt, wirken sich thermische Wechselbeanspruchungen negativ auf die Wicklungen und die Isolierung aus. Die Erfahrung hat gezeigt – und Analysen haben dies bestätigt –, dass eine umfassende Vakuum-Druck-Imprägnierung (VPI) dem gesamten Stator und Rotor (geblechter Stahlkern und Wicklungen) ausgezeichnete Eigenschaften verleiht.

Während des Entwicklungsprozesses ist es immer wichtig, das betreffende System durch Tests zu verifizieren. Bei einer typischen Temperaturwechselprüfung werden mehrere Sätze von Prüfstäben in einem Ofen mit verschiedenen Zykluszeiten auf verschiedene Temperaturen erhitzt. Anschließend werden sie zunächst auf einem Schwingungsprüfstand mechanischen Beanspruchungen und dann Feuchtigkeit ausgesetzt. Schließlich werden sie noch einer elektrischen Spannungsprüfung der Leiterisolierung und der Hauptisolierung unterzogen. Die Testzyklen werden wiederholt, bis eine bestimmte Anzahl von Teststäben in jedem Satz bei der Spannungsprüfung durchfällt. Aus den Testergebnissen jedes Satzes wird dann mithilfe der sogenannten Arrhenius-Regel die Lebensdauer

berechnet →6. Solche Tests wurden kürzlich mit Erfolg für das verwendete Imprägnierungssystem durchgeführt.

Wickelköpfe

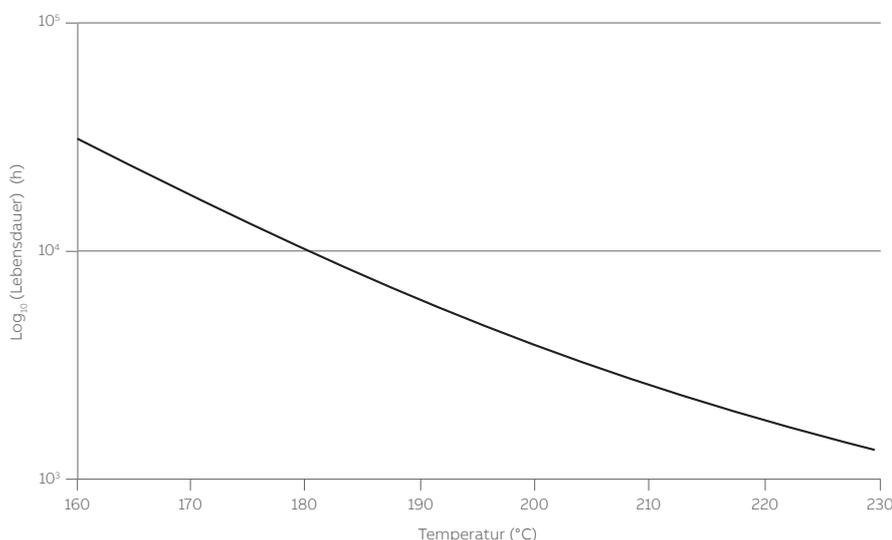
Wickelköpfe sowie deren Stützkonstruktion und Anschlüsse sind durch Beschleunigung, Verzögerung und häufige Schaltvorgänge thermischen Wechselbeanspruchungen und Schwingungen ausgesetzt.

In großen elektrischen Maschinen sind die Schwingungen von Statorwickelköpfen ein großes Problem. Besonders bei zweipoligen Maschinen neigen die Eigenfrequenzen der Wickelköpfe dazu, bis in die Nähe der zweifachen Netzfrequenz (100/120 Hz) abzusinken. Deshalb sind in solchen Maschinen spezielle Stützkonstruktionen erforderlich, um die Steifigkeit und die Eigenfrequenzen der Wickelköpfe zu erhöhen. In mehrpoligen Wechselstromgeneratoren sind die Wickelköpfe jedoch von Natur aus kurz und die Eigenfrequenzen auch ohne zusätzliche Stützkonstruktionen hoch genug.

Bei der Entwicklung und Gestaltung der Wickelköpfe kommt eine Reihe fortschrittlicher Verfahren wie die dreidimensionale Finite-Elemente-Analyse (FEA) zum Einsatz. Mithilfe dieser Methode werden Kräfte zusammen mit den entsprechenden statischen und dynamischen Reaktionen berechnet →7.

Eine umfassende VPI der Wickelkopfabstützung verleiht dem System sehr gute Eigenschaften im Hinblick auf die vorhandenen Kräfte und Spannungen. Dadurch ist das Wickelkopfdesign von mittelschnell laufenden Generatoren für den Netzausgleich robust und beständig gegenüber Schwingungen.

Der Betrieb bei Untererregung (Verbrauch von Blindleistung) führt zu Wärmespannungen im Bereich des Kernendes. Bei mittelschnell laufenden Wechselstromgeneratoren (mit einer hohen Polzahl) ist dieser Effekt dank der geringen Spulenbreite und einer günstigen Flussverteilung im Endbereich weniger ausgeprägt.



—
07 Beispiele von
Wickelpkopanalysen.

07a Schwingungsform.

07b Momentane
Magnetische Kraftverteilung.

Rahmen

Der Rahmen des Wechselstromgenerators ist mit dem Verbrennungsmotor auf einem gemeinsamen Grundrahmen montiert. Die Konstruktion des Generatorrahmens wird maßgeblich durch die Schwingungsanregungen des Motors bestimmt, die über den Grundrahmen auf ihn übertragen werden. Dies führt zu einer etwas robusteren Rahmenkonstruktion als bei Generatoren, die auf einem Betonfundament montiert sind.

Ein entscheidender Aspekt bei der Konstruktion des Generatorrahmens ist die Dauerfestigkeit. Die Konstruktion zuverlässiger Generatoren mit einer kostengünstigen Rahmenstruktur erfordert fundiertes Wissen über die Dynamik des gesamten

Generatorsatzes. Der Schlüssel zum Erfolg liegt hier in einer Antwortanalyse (numerischen Simulation) der gesamten Erzeugungseinheit.

Die Schwingungsbeanspruchungen können während der An- und Abfahrvorgänge simuliert werden. Basierend auf den berechneten Spannungsverläufen kann die Dauerfestigkeit mit herkömmlichen Methoden evaluiert werden, sodass die kritischen konstruktiven Details entsprechend der Beanspruchungen modifiziert werden können. So wird sichergestellt, dass der Generatorrahmen die gewünschte Lebensdauer ohne ermüdungsbedingtes Versagen erreicht.

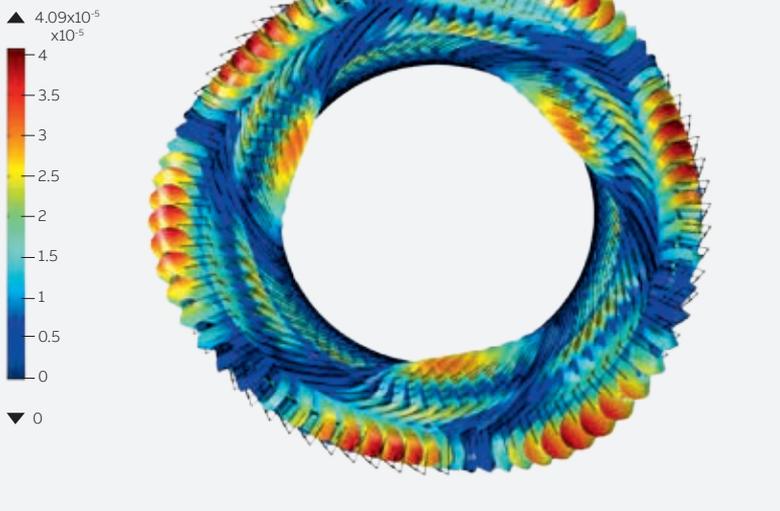
—
Eine umfassende Vakuum-Druck-Imprägnierung verleiht dem gesamten Stator und Rotor ausgezeichnete Eigenschaften.

Rotor und Lager

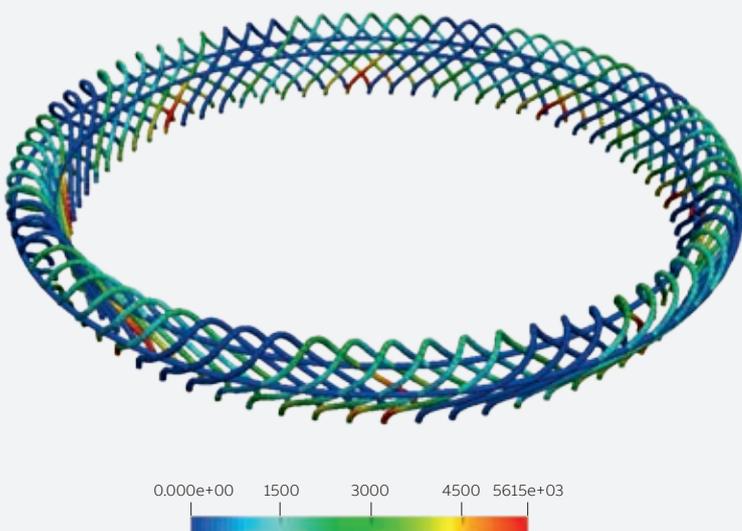
Hinsichtlich der Rotorkonstruktion sind mittelschnell laufende Wechselstromgeneratoren stets unkritisch. Die erste im Hinblick auf Biegebeanspruchungen kritische Drehzahl des Rotors liegt über der Bemessungsdrehzahl des Generators. Der Rotor passiert bei der zyklischen Belastung keine kritischen Drehzahlen, was bei der Konstruktion des Rotors und der Lager eine gewisse Freiheit lässt. Dies ist ein klarer Vorteil gegenüber schneller laufenden Generatoren (z. B. zweipoliger Bauart). Die thermischen Wechselbeanspruchungen haben ähnliche Auswirkungen auf den Rotor wie auf den Stator. Das Hauptprinzip bei der Rotorkonstruktion besteht darin, den Kontakt zwischen den Bauteilen über die Wärmezyklen hinweg zu erhalten, um eine mechanische Ermüdung des Harzes zu vermeiden. Darüber hinaus sind die Lager mit einem speziellen Hebesystem ausgestattet, das eine große Zahl von verschleißfreien Anfahrvorgängen ermöglicht.

Gute Konstruktion sichert ein langes Leben

Im Zeitalter der variablen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sind Wechselstromgeneratoren für den Netzausgleich einer weitaus größeren Zahl von Wärme- und Drehzahlzyklen ausgesetzt als traditionelle Erzeugungseinheiten. Besonderes Augenmerk bei der Konstruktion solcher Generatoren gilt daher dem zuverlässigen Betrieb. Doch bei einer guten Konstruktion sind Generatoren durchaus in der Lage, diesen neuen, größeren Beanspruchungen standzuhalten und eine hohe Zuverlässigkeit über eine sehr lange Lebensdauer zu gewährleisten. ●



07a



07b

SERVICE UND ZUVERLÄSSIGKEIT

IGBT-Stromrichter verlängern die Lebensdauer der Lokomotiven Re460

ABB liefert moderne IGBT-Stromrichter für die Modernisierung und Verlängerung der Lebensdauer der Lokomotiven vom Typ Re460 der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB).



Thomas Huggenberger
ABB Discrete
Automation and Motion,
Power Conversion

Turgi, Schweiz
thomas.huggenberger@
ch.abb.com

Das Bahnnetz der Schweiz ist weltberühmt. Es befördert weit über eine Million Passagiere am Tag und zeichnet sich besonders durch seine Dichte, Pünktlichkeit und Taktfrequenz aus. Um die Attraktivität des Bahnnetzes zu sichern und es für zukünftige Anforderungen zu rüsten, wurde Ende der 1980er Jahre das ehrgeizige Programm „Bahn 2000“ ins Leben gerufen. Hauptziel des Projektes war die Erhöhung der Kapazität und Verkürzung der Fahrzeiten. Ein zentraler Aspekt des Plans war die Einführung der Lokomotive der Baureihe Re460, von der in den Jahren 1992 bis 1996 insgesamt 119 in Betrieb gingen →1. Die Lokomotiven waren mit GTO-Drehstromumrichtern (Gate Turn-Off Thyristor) und Asynchronmaschinen als Fahrmotoren ausgerüstet. Beide stammten von ABB und entsprachen seinerzeit dem neuesten Stand der Technik.

Nach über 20 Jahren leisten die Re460 noch immer hervorragende Dienste und absolvieren etwa die Hälfte aller von den SBB erbrachten Personenkilometer. Jede Lokomotive hat bisher im Durchschnitt etwa 5,5 Millionen Kilometer zurückgelegt. Dies entspricht etwa sieben Reisen zum Mond und zurück.

Obwohl die Re460 robust gebaut und für eine lange Lebensdauer ausgelegt sind, ist die installierte Leistungselektronik angesichts der enormen Fortschritte in den vergangenen Jahrzehnten veraltet.

So wurden GTO-Thyristoren in Traktionsanwendungen weitgehend durch flexiblere IGBT (Integrated Gate Bipolar Transistor) verdrängt. Die SBB haben sich entschlossen, die in der Mitte ihrer vorgesehenen Einsatzdauer befindlichen Lokomotiven im Rahmen eines Mid-Life-Refits nachzurüsten. Die Modernisierung, die eine Optimierung des gesamten elektrischen Systems beinhaltet, soll die Lokomotiven für mindestens weitere 20 Jahre Betrieb ertüchtigen. Gleichzeitig sollen die Energieeffizienz und die Instandhaltung optimiert werden. Erwartet werden Einsparungen von rund 27 GWh im Jahr, was etwa dem Stromverbrauch von 6.750 Schweizer Haushalten entspricht.

ABB-Kompetenz

ABB gehört zu den führenden Unternehmen in der Forschung, Entwicklung und Fertigung energieeffizienter Traktionsstromrichter, -motoren und -transformatoren. Das Unternehmen kann auf über 100 Jahre Erfahrung auf dem Gebiet der elektrischen Eisenbahnen weltweit zurückblicken.

Neben der Bereitstellung neuer Technik besitzt ABB umfangreiche Erfahrung im Support von Rollmaterial über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Im Jahr 2008 rüstete ABB z. B. die thyristorbasierten Antriebsstränge der ICE 1-Flotte der Deutschen Bahn vollständig auf modernste IGBT-Stromrichter um. Aufgrund der besonderen Kundenorientierung, des umfangreichen Know-hows und der Erfahrung



01

—
01 SBB-Lokomotive der Baureihe Re460 [Foto: SBB CFF FFS].

—
02 Schaltungsprinzip und zeitlicher Verlauf von Spannung (schwarz) und Strom (rot) bei Zweipunkt- und Dreipunkt-IGBT-Stromrichtern.

—
03 ABB Dreipunkt-IGBT-Phasenmodul wie es bei der Modernisierung der Re460 eingesetzt wurde.

des Unternehmens erhielt ABB 2014 einen Auftrag in Höhe von 70 Millionen CHF zur Bereitstellung von Traktionsstromrichtern der neuesten Generation für die Re460-Flotte der SBB. Ziel der Modernisierung war die Steigerung der Energieeffizienz, Erhöhung der Zuverlässigkeit und Verbesserung der Instandhaltungsfreundlichkeit.

Anforderungen an die Modernisierung

Die modernisierten Lokomotiven sollten eine Reihe von besonderen Anforderungen erfüllen, die u. a. vom anspruchsvollen Höhenprofil auf der Züricher Durchmesserlinie und den Umweltbedingungen im

—
Höhere Schaltfrequenzen hätten höhere Schaltverluste und Isolationsbelastungen mit sich gebracht.

Gotthard-Basistunnel (die es bei der Einführung der Re460 beide noch nicht gab) bestimmt werden. Auf der Durchmesserlinie ist aufgrund der hohen Steigung ein Redundanzkonzept erforderlich, da ein Zugausfall auf der stark frequentierten Strecke netzweite Auswirkungen hätte. Das implementierte Konzept ermöglicht das Ausgruppieren eines defekten Fahrmotors und die Weiterfahrt mit den drei übrigen Motoren. Im neuen Gotthard-Basistunnel sind zusätzlich die hohe Belastung

durch Temperatur und Feuchtigkeit sowie neueste Brandschutzbestimmungen zu berücksichtigen.

Technische Lösung

Da sich die Fahrmotoren, Transformatoren und die Fahrzeugleittechnik der Lokomotiven in einem guten Zustand befanden, sollten diese Komponenten erhalten bleiben, wobei deren Parameter das Design der neuen Stromrichter vorgaben. Die Spannung im Antriebstrang war damit ebenfalls gegeben und beträgt am Zwischenkreis 3,5 kV DC.

Damit kamen zwei Stromrichterschaltungen mit IGBT in Frage →2: eine Zweipunkt-Schaltung mit IGBT der 6,5-kV-Klasse oder eine Dreipunkt-Schaltung mit IGBT der 3,3-kV-Klasse. Bei letzterer besteht der Zwischenkreis aus zwei seriell verbundenen Einheiten, die jeweils die halbe Spannung tragen. Diese Technologie wird von ABB bei der Nachrüstung von Lokomotiven mit IGBT-basierten Stromrichtern bevorzugt und wurde auch für die Re460 gewählt.

Die Dreipunkt-Schaltung erzielt eine bessere Angleichung der Ströme an die Sinusform. Dies ist hier besonders wichtig, da der ursprüngliche GTO-Stromrichter ebenfalls in Dreipunkt-Topologie realisiert ist und Fahrmotor und Transformator dementsprechend auf den Betrieb mit niedrigen Oberschwingungen ausgelegt wurden. Eine Zweipunkt-Schaltung hätte für eine vergleichbare Stromqualität deutlich höhere Schaltfrequenzen benötigt, was höhere Schaltverluste und Isola-

tionsbelastungen mit sich gebracht hätte. Neben den elektrischen und energetischen Vorteilen zeichnet sich die gewählte Lösung durch eine geringe Geräuschentwicklung aus.

Mit 3,3-kV-IGBT in Dreipunkt-Schaltung lassen sich deutlich höhere Ströme ohne Parallelschaltung der IGBT erreichen. Die netzseitigen Stromrichter (jeweils einer für jedes der beiden Drehgestelle) bestehen aus insgesamt vier und die beiden motorseitigen Stromrichter aus jeweils drei Phasenmodulen →3. Anders als bei einer parallelen Verschaltung ist kein Matching der IGBT-Module erforderlich.

Hauptschaltkreis

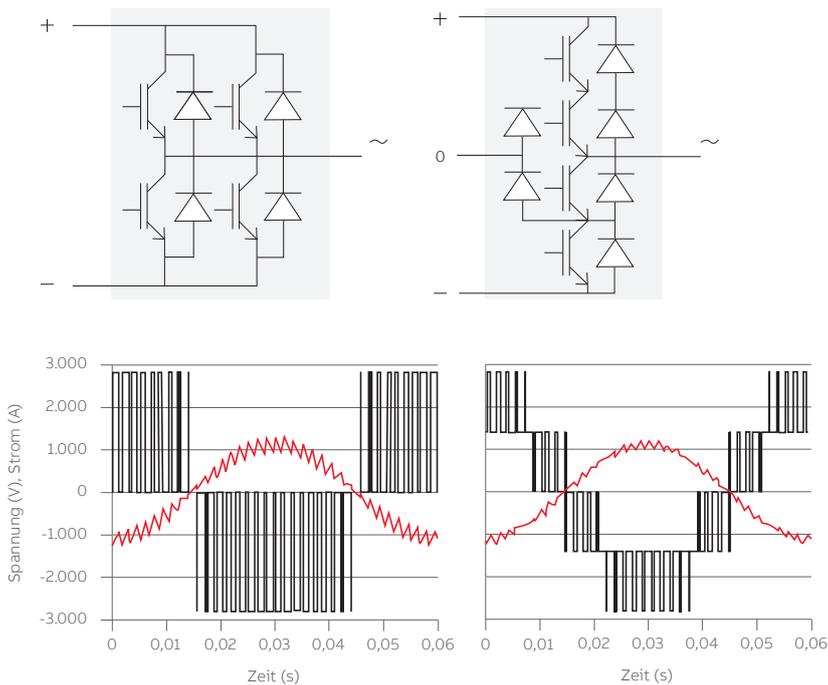
Abgesehen von der IGBT-Technologie entspricht der elektrische Hauptschaltkreis weitgehend dem Original. Die wassergekühlten IGBT-Phasenmodule basieren auf der BORDLINE-Stromrichterplattform von ABB. Sie werden in identischer Ausführung sowohl auf der Netz- als auch auf der Motorseite verwendet und wurden auch in anderen Retrofit-Projekten, z. B. beim deutschen ICE 1, eingesetzt.

Der Transformator verfügt über vier Traktionswicklungen, wovon jeweils zwei einen der beiden Stromrichter speisen →4. Jede Wicklung ist an einen aktiven Gleichrichter angeschlossen, der Leistung vom Transformator bezieht, aber auch wieder ins Netz zurückspeisen kann, wenn die Lokomotive brems.

Die gleichgerichtete Spannung steht an den Zwischenkreiskondensatoren an und wird dort mit Hilfe eines auf 33,4 Hz abgestimmten Saugkreises geglättet. Dies ist notwendig, da das einphasige 16,7-Hz-Bahnnetz keine kontinuierliche Speisung ermöglicht, sondern die Leistung mit doppelter Netzfrequenz pulsformig in den Stromrichter fließt.

Die Gleichspannung wird mithilfe der drei motorseitigen Phasenmodule wieder in Wechselspannung umgewandelt. Spannung und Frequenz werden dabei so geregelt, dass an den Asynchronfahrmotoren das gewünschte Drehmoment entsteht.

Jeder der beiden Traktionsstromrichter speist die beiden Motoren eines Drehgestells in parallel geschaltetem Gruppenantrieb, wobei Motortrenner die Ausgruppierung eines defekten Motors ermöglichen.

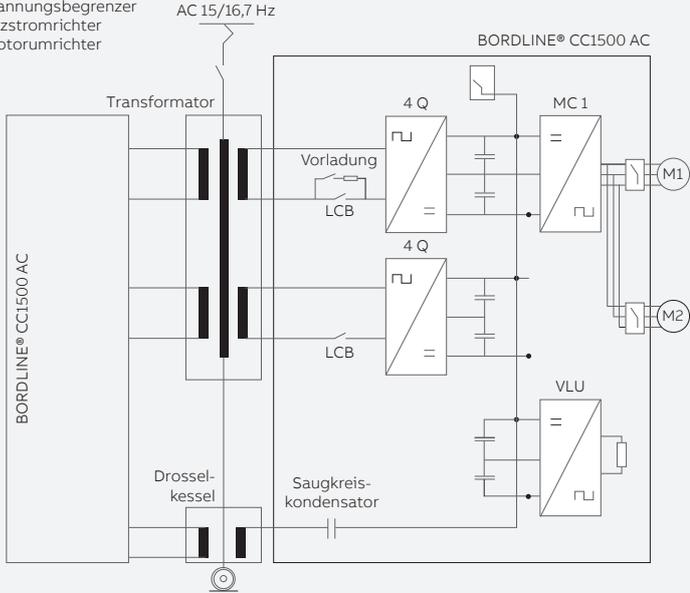


02



03

LCB = Eingangstrenner
 VLU = Spannungsbegrenzer
 4 Q = Netzstromrichter
 MC 1 = Motorumrichter



04

04 Schaltbild des Stromrichters.

05 Stator eines Re460-Motors auf dem Leistungsprüfstand bei ABB in Turgi zur Bestimmung der Spannung an der Wicklung bei Schaltvorgängen.

06 Messergebnisse der Statorprüfung. Das Diagramm zeigt das transiente Überschwingen lokaler Wicklungsspannungen beim Schalten des IGBT. Diese müssen begrenzt werden, um eine Schädigung des Motors zu vermeiden.

Mechanischer Aufbau

Gekühlt werden die neuen kompakten Stromrichter mit Wasser, d. h. der alte Ölkreislauf wird vollständig durch ein wassergekühltes System ersetzt. Das neue System senkt nicht nur den Energieaufwand, sondern ist auch ökologischer und sicherer.

Da das neue Kühlsystem leichter und kompakter ist, bleibt mehr Platz für zusätzliche Komponenten oder spätere Nachrüstungen. Um den Nachteil des reduzierten Fahrzeuggewichts hinsichtlich der Adhäsion (Schienenhaftung) auszugleichen, wird der Stromrichter zusätzlich ballastiert.

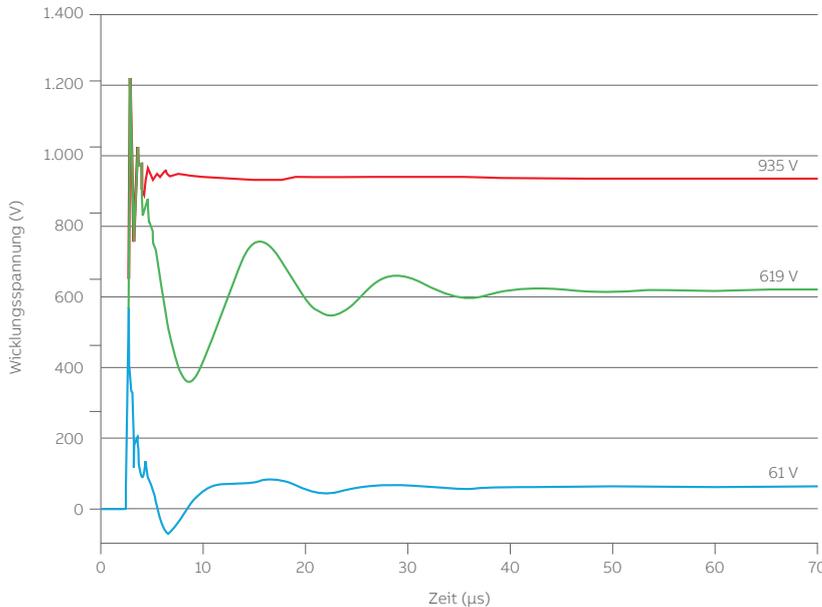


05

Leittechnik

Der neue Stromrichter arbeitet mit einem ABB-Leittechnikrechner vom Typ AC800 PEC, einer der leistungsstärksten Leittechnikplattformen auf dem Markt. Nach außen hin stellt er eine zu seinem Vorgänger identische MVB-Schnittstelle (Multifunctional Vehicle Bus) zur Verfügung. Auch die funktionalen Anpassungen sind minimal (eine der wenigen Änderungen ist die neue Logik zur bereits erwähnten Abtrennung einzelner Fahrmotoren).

Intern jedoch verfügt der PEC-Hauptrechner über eine hohe Leistungsfähigkeit, womit sich anspruchsvolle Regelverfahren im Hinblick auf das dynamische Verhalten der Fahrmotoren und die Energieeffizienz realisieren lassen. Die Software



06 — V_M : Am Motor anliegende Prüfspannung
 — V_{WM} : Gemessene Spannung über eine Motorwicklung
 — V_{coll1} : Gemessene Spannung über der ersten Wicklung

— Dieser Artikel ist in ähnlicher Form erstmalig erschienen in: eb – Elektrische Bahnen 114, Ausgabe 8–9 (2016), S. 485–489.

— **Weiterführende Literatur**
Pressemitteilung „ABB erhält Auftrag über CHF 69,2 Millionen zur Modernisierung von Lokomotiven der Schweizer Bundesbahnen SBB“. ABB Technik 2/2010, S. 60–65.

Hepp, H.: „Eine maßgeschneiderte Lösung“. ABB Technik 2/2010, S. 60–65.

Isberg, J., Curtis M.: „Standardisierung des Traktionsmotors“. ABB Technik 2/2010, S. 66–69.

Moine, V., Hepp, H., Maciocia, S.: „Umfassender Service“. ABB Technik 2/2010, S. 70–76.

Aktionsplan SBB 2015. www.energie-vorbild.admin.ch (abgerufen Januar 2017).

SBB Geschäftsbericht 2015

wurde mithilfe von MATLAB/Simulink® erstellt, was eine effiziente und intuitive Implementierung ermöglicht und zukünftige funktionale Anpassungen der Lokomotiven vereinfacht.

Erprobung

Zur Absicherung der Auslegung und Kompatibilität mit den bestehenden Komponenten wurden im ABB-Leistungslabor im Schweizerischen Turgi umfassende Tests und Messungen unter Nachbildung der realen Betriebsbedingungen durchgeführt

Der Komplettersatz der GTO-Antriebsumrichter durch neue IGBT-Stromrichter ist eine effiziente und wirtschaftliche Maßnahme zur Verlängerung der Lebensdauer dieser Lokomotiven.

Da die bestehenden Fahrmotoren für die ursprünglichen GTO-Stromrichter der Lokomotive entwickelt wurden, musste die Kompatibilität der neuen IGBT-Stromrichter mit diesen Motoren getestet werden →5. Ein kritischer Punkt ist die Verträglichkeit der neuen Ausgangsspannungen mit der alten Motorisolation. Da weiterhin ein Dreipunkt-Stromrichter eingesetzt wird, bleiben die grundsätzlichen Pulsmuster sehr ähnlich. Zusätzlich war zu

prüfen, ob durch die IGBT-Schaltspannungsflanken keine unzulässigen Überspannungen entstehen →6. Auch diese Verträglichkeit wurde bestätigt.

Die ersten beiden Stromrichter wurden im SBB-Werk in Yverdon-les-Bains erfolgreich in eine Re460 installiert. Die Lokomotive wird zurzeit ein Jahr lang auf dem SBB-Netz getestet. Bis zum Abschluss des Modernisierungsprogramms im Jahr 2022 sollen insgesamt 202 wassergekühlte IGBT-Stromrichter mit der Option auf 38 weitere Einheiten von ABB bereitgestellt und von den SBB installiert werden.

Bereit für die Zukunft

Die vor über 25 Jahren in Bahnantrieben eingeführte Drehstromstromtechnik zeichnet sich weiterhin durch Energieeffizienz und geringe Instandhaltungskosten aus. Wie die Re460 können viele Fahrzeuge von ihrer Grundkonzeption und ihrem mechanischem Zustand her mindestens weitere 20 Jahre betrieben werden. Probleme treten aber vermehrt an den veralteten Umrichtern auf, was zu reduzierter Verfügbarkeit, hohen Instandhaltungskosten und einer schwierigen Ersatzteilversorgung führt. Der Komplettersatz der GTO-Antriebsumrichter durch neue IGBT-basierte Stromrichter ist eine effiziente und wirtschaftliche Maßnahme zur Verlängerung der Lebensdauer dieser Lokomotiven. Die IGBT-Technologie bringt das System bezüglich Energieeffizienz, Kraftschlussregelung und Instandhaltungsfreundlichkeit auf den Stand von Neufahrzeugen. ●

Impressum

Editorial Board

Bazmi Husain
Chief Technology Officer
Group R&D and Technology

Adrienne Williams
Senior Sustainability
Advisor

Christoph Sieder
Head of Corporate
Communications

Reiner Schoenrock
Technology and Innovation
Communications

Ernst Scholtz
R&D Strategy Manager
Group R&D and Technology

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

Herausgeber

Die ABB Review wird herausgegeben von ABB Group R&D and Technology.

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

Die ABB Review erscheint viermal pro Jahr in Englisch, Französisch, Deutsch und Spanisch. Die ABB Review wird kostenlos an Personen abgegeben, die an der Technologie und den Zielsetzungen von ABB interessiert sind.

Wenn Sie an einem kostenlosen Abonnement interessiert sind, wenden Sie sich bitte an die nächste ABB-Vertretung, oder bestellen Sie die Zeitschrift online unter www.abb.com/abbreview.

Der auszugsweise Nachdruck von Beiträgen ist bei vollständiger Quellenangabe gestattet. Ungekürzte Nachdrucke erfordern die schriftliche Zustimmung des Herausgebers.

Herausgeber und
Copyright © 2017
ABB Switzerland Ltd.
Baden/Schweiz

Satz und Druck

Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH
6850 Dornbirn, Österreich

Layout
DAVILLA AG
Zürich/Schweiz

Übersetzung

Thore Speck,
Dipl.-Technikübersetzer
(FH)
24941 Flensburg,
Deutschland

Haftungsausschluss

Die in dieser Publikation enthaltenen Informationen geben die Sicht der Autoren wieder und dienen ausschließlich zu Informationszwecken. Die wiedergegebenen Informationen können nicht Grundlage für eine praktische Nutzung derselben sein, da in jedem Fall eine professionelle Beratung zu empfehlen ist. Wir weisen darauf hin, dass eine technische oder professionelle Beratung vorliegend nicht beabsichtigt ist.

Die Unternehmen der ABB-Gruppe übernehmen weder ausdrücklich noch stillschweigend eine Haftung oder Garantie für die Inhalte oder die Richtigkeit der in dieser Publikation enthaltenen Informationen.

ISSN: 1013-3119

<http://www.abb.com/abbreview>



Tablet-Ausgabe

Die ABB Review ist auch als Tablet-Version verfügbar.

Besuchen Sie
abb.com/abbreviewapp

Blieben Sie auf dem Laufenden ...

Haben Sie eine ABB Review verpasst? Melden Sie sich unter abb.com/abbreview für unseren E-Mail-Benachrichtigungsservice an und verpassen Sie nie wieder eine Ausgabe.

Nach der Anmeldung erhalten Sie per E-Mail einen Bestätigungslink, über den Sie Ihre Anmeldung bestätigen müssen.



—
Vorschau 02/2017

Im Blickpunkt: Afrika

Afrika bietet eines der größten Entwicklungspotenziale, aber auch einige der größten Herausforderungen. Angesichts einer erwarteten Bevölkerung von 4,4 Milliarden Menschen im Jahr 2100 arbeitet ABB an innovativen Technologien, um den Bedürfnissen des Kontinents gerecht zu werden. Einige Beispiele stellen wir in der nächsten Ausgabe der ABB Review vor.