





Der Power Manager

Ein neuer Leistungsschalter reduziert Unterbrechungen durch Optimierung der Last

PIETRO ESPOSTO, PAOLO GRITTI, ENRICO RAGAINI – Menschen fühlen sich nach einem kurzen Nickerchen erholt, doch eine Unterbrechung in der Stromversorgung sorgt definitiv nicht für den gleichen Wohlfühlfaktor. In einer idealen Ingenieurswelt wären alle Lasten, Versorgungen und Umgebungen gleich, vorhersehbar und zuverlässig. Doch da die Realität vom Ideal abweicht, hat ABB einen neuen, intelligenten Leistungsschalter entwickelt, der es mit den Anforderungen verschiedenster Anwendungen aufnimmt. Bei den Anforderungen an einen Leistungsschalter geht es in erster Linie um seine elektrischen Eigenschaften (Ausschaltvermögen, Bemessungsspannung und -strom). Leistungsschalter werden vielfach zu Schutz- und Schaltzwecken in elektrischen Anlagen eingesetzt. Darüber hinaus können sie nun zu einem aktiven Teil des Energiemanagementsystems werden.

Titelbild

Der Emax 2 kann über intelligente Geräte aus der Ferne verwaltet werden.

Schrankbreite zur Installation des Schalters (mm)				
Leistungsschalter	Bemessungsstrom	Emax 2	Emax	Reduktion
E1.2	1.600 A	350	490	29 %
E2.2	2.500 A	490	630	22 %
E4.2	4.000 A	600	880	32 %
E6.2	6.300 A	1.200	1.260	5 %

Reduktion der Schaltschrankbreite durch Installation des Emax 2 im Vergleich zum Emax.
Die Schranktiefe nimmt ebenfalls ab (z. B. von 380 mm auf 355 mm für Bemessungsströme von 2.000 A und darüber).

erhebliche Verringerung der Größe gegenüber seinen Vorgängern aus → 1.

Hohe Leistungsfähigkeit, geringer Platzbedarf, raue Umgebung

Leistungsschalter müssen häufig in rauen Umgebungen mit extrem niedrigen oder hohen Temperaturen, Luftfeuchtigkeit und Vibrationen arbeiten. Das elektrische Umfeld ist ähnlich anspruchsvoll. Manchmal lässt die Netzqualität mit einem hohen Oberschwingungsanteil und häufigen Unterbrechungen zu wünschen übrig. Umfangreiche Prüfungen der elektromagnetischen Verträglichkeit sorgen dafür, dass ein Leistungsschalter gegenüber solchen Einflüssen unempfindlich ist.

Die Abmessungen von Leistungsschaltern müssen aufgrund der Forderung nach kompakteren Schaltfeldern so klein wie möglich gehalten werden. In einigen Anwendungen spielt der Platzbedarf eine entscheidende Rolle, z. B. in Datenzentren und an Bord von Schiffen, wo jeder durch Schaltanlagen belegte Quadratmeter zulasten der Nutzlast geht.

Ein kompaktes Design und eine geringere Größe sorgen

Nicht alle Verbrauchsanforderungen sind gleich, und dennoch behandeln aktuelle Versorgungssysteme die angeschlossenen Verbraucher ungeachtet ihrer Kritikalität alle gleich. Der ABB Emax 2 wurde konzipiert, entwickelt und gebaut, um solche Aspekte zu berücksichtigen und eine optimale Energienutzung durch den Einsatz intelligenter Leistungsschalter zu gewährleisten.

Der Leistungsschalter kann als Sensor, Aktor und als aktiver Bestandteil des Automatisierungssystems fungieren.

ABB gehört zu den Technologie- und Marktführern auf dem Gebiet der Niederspannungs-Leistungsschalter. Einen neuen, innovativen Schritt im Bereich der Niederspannungssysteme stellt der im März 2013 eingeführte Leistungsschalter Emax 2 dar. Der Emax 2 ist eine Weiterentwicklung des bewährten offenen Leistungsschalters Emax, der mit über einer Million verkaufter Einheiten seit 1995 zu den führenden ABB-Produkten zählt. Der Emax 2 zeichnet sich durch seine ausgezeichnete Leistungsfähigkeit und eine

nicht nur für eine Reduzierung der Schaltfeldgröße. Es wird auch weniger Kupfer, Aluminium und Stahl benötigt, was zur Schonung der Ressourcen beiträgt. Bei der Konzeption, Entwicklung und Herstellung des Emax 2 wurden die rauen physischen und elektrischen Umgebungen, in denen der Schalter eingesetzt wird, ebenso berücksichtigt wie Erfahrungen mit vorherigen Produktreihen und neue Anforderungen von Kunden, um eine maximale Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit sicherzustellen.



Durch die Integration der Automatisierung wird der Leistungsschalter zu einem echten Energiemanagementgerät.

Stromnetze werden intelligent

Zurzeit findet eine umfangreiche Entwicklung im Bereich der Stromnetze statt: Städte werden zu „intelligenten Städten“, in denen die elektrischen Energieverteilungsnetze mit Kommunikationsnetzen verflochten sind. Dabei wird der Leistungsfluss von digitalen „intelligenten“ Geräten überwacht, um sicherzustellen, dass die Energie mit größtmöglicher Effizienz genau zum richtigen Zeitpunkt dort bereitgestellt wird, wo sie benötigt wird. Hier kommen die Leistungsschalter ins Spiel.

Der Fortschritt in der Elektronik ermöglicht die Integration von mehr „Intelligenz“ in die digitale Schutzeinheit. Der Leistungsschalter kann als Sensor, Aktor und als aktiver Bestandteil des dezentralen Automatisierungssystems fungieren, das die Energieverteilung steuert. Der intelligente Leistungsschalter ist in der Lage, Informationen zu verarbeiten und zu speichern, Daten zu kommunizieren und automatisierte Entscheidungen zu treffen. Die Integration der Automatisierung in den Leistungsschalter stellt eine bedeutende Verbesserung gegenüber vorherigen Produktgenerationen dar, da sie den Leistungsschalter in ein echtes Energiemanagementgerät verwandelt.

Da Leistungsschalter tief im elektrischen System implementiert sind, wo sie Abzweige und Verbraucher schützen, wird durch die Verwendung von intelligenten Schaltern die Intelligenz so nahe wie möglich an den Verbraucher herangebracht. Dies ist äußerst effektiv, da es eine größtmögliche Flexibilität und Granularität bei der Steuerung des Energieverbrauchs ermöglicht.

Die Einbettung dieser neuen Funktionen in den Leistungsschalter bietet jedoch noch weitere Vorteile: Da Leistungsschalter normalerweise zu Schalt- und Schutzzwecken in Stromnetzen installiert sind, können neue Funktionen hinzugefügt werden, ohne dass zusätzliche Geräte erforderlich sind. Da der Leistungsschalter über integrierte Strom- und Spannungssensoren verfügt, können neue Funktionen auf dem aufbauen, was bereits vorhanden ist: Strom- und Spannungsdaten, die bereits für den Schutz zur Verfügung stehen, können auch für Leistungsmessungen, Statistiken, Diagnosen usw. genutzt werden. So können die Forderung nach kompakten Schaltfeldern und die Forderung nach mehr Intelligenz zusammen erfüllt werden → 2.

Der Leistungsschalter als Power Manager

Eine elektrische Anlage versorgt normalerweise eine große Zahl von unabhängigen Verbrauchern mit Strom. Einige von ihnen benötigen durchgängig Strom, doch die meisten haben einen veränderlichen Stromverbrauch. Die Beleuchtung in einem Gebäude kann z. B. unregelmäßig ein- oder ausgeschaltet werden. HLK-Systeme und Kühlschränke schalten sich hingegen abhängig von der Temperatur ein oder aus.

Jeder elektrische Verbraucher trägt zum Gesamtenergieverbrauch einer Anlage bei. Normalerweise findet aber keinerlei Koordination zwischen den Verbrauchern statt. Jeder schaltet seinen Stromverbrauch unabhängig ein und aus. Werden mehrere Verbraucher gleichzeitig eingeschaltet, kann es zu scharfen Lastspitzen kommen. Diese

3 Power Manager

- 1) Power Manager misst die von der elektrischen Anlage aufgenommene Leistung seit Beginn des Messzeitraums. Die Gesamtleistung entspricht der Energiezunahme pro Zeiteinheit. Auf der Grundlage von Energie und Leistung wird der geschätzte Verbrauch zum Ende des Zeitraums berechnet.
- 2) Beim Einschalten von nicht steuerbaren Lasten steigt die Leistungsaufnahme, und Power Manager schätzt, ob der Verbrauch am Ende des Zeitraums den Grenzwert übersteigt.
- 3) Power Manager schaltet eine steuerbare Last (z. B. HLK) für einige Minuten ab.
- 4) Sobald die Gesamtleistungsaufnahme sinkt und die Schätzung deutlich unter dem Grenzwert liegt, schaltet Power Manager die steuerbare Last wieder ein.

4 Bedarfssteuerung

- 1) Die Anlage wird vom Netz und von einer lokalen Erzeugungsanlage (Photovoltaik, PV) versorgt. Ekip Power Controller misst die vom Netz aufgenommene Nettoenergie (Differenz zwischen Lastverbrauch und lokaler Erzeugung).
- 2) Sinkt die durch PV erzeugte Leistung, erkennt Power Manager eine Zunahme des Leistungsflusses vom Netz. Ist der geschätzte Energieverbrauch zu hoch, werden eine oder mehrere Lasten abgeschaltet.
- 3) Priorisierte Verbraucher bleiben stets eingeschaltet.
- 4) Bei Wiederaufnahme der PV-Erzeugung erkennt Power Manager eine Abnahme des Nettoleistungsflusses vom Netz, was ein Wiedereinschalten der Verbraucher auslöst.
- 5) Die Gesamtlast richtet sich somit nach der Verfügbarkeit von erneuerbarer Energie.

5 Ekip Power Controller

Ekip Power Controller regelt die maximale Leistungsaufnahme der Anlage mithilfe der gleichen Methode, wie sie auch für die Verrechnungsmessung verwendet wird, um Einsparungen bei den Stromkosten zu erzielen. Die aufgenommene Leistung wird vom Energiezähler als Durchschnittswert über vorgegebene Zeiträume wie 5 Minuten oder 2 Stunden berechnet.

Da die Leistung als Durchschnitt über einen Zeitraum berechnet wird, kann ein höherer Verbrauch in einem Teil des Zeitraums durch einen niedrigeren Verbrauch in einem anderen Teil kompensiert werden, sodass die durchschnittliche Gesamtleistung innerhalb der Grenzen bleibt. So erhöht ein geringer Verbrauch im ersten Teil eines Zeitraums die Toleranz gegenüber einem höheren Verbrauch im zweiten Teil.

Ekip Power Controller nutzt dieses Prinzip in Verbindung mit einem prädiktiven Algorithmus, der in regelmäßigen Abständen die Leistung am Ende des Zeitraums schätzt, um zu entscheiden, ob Verbraucher und Erzeuger ein- oder ausgeschaltet werden sollen. So können kurze, vorübergehende hohe Leistungsanforderungen, z. B. zum Starten von Motoren, toleriert werden, ohne dass Verbraucher sofort abgeschaltet werden, wenn die Leistung den Schwellwert übersteigt.

Das Ein- und Ausschalten hängt somit vom Verbrauch von Beginn des Zeitraums bis zum gegenwärtigen Augenblick ab. Ist der Verbrauch in den ersten Minuten des Referenzzeitraums z. B. hoch, schaltet Ekip Power Controller in den Minuten danach eine größere Anzahl von Verbrauchern ab. Ist der anfängliche Verbrauch hingegen gering, bleibt eine größere Anzahl von Verbrauchern in Betrieb.

Power Controller basiert auf einer Leistungsmessung, aus der per Integration der Gesamtenergieverbrauch ermittelt wird. Dank einer internen Uhr ist die seit Beginn des Zeitraums verstrichene Zeit bekannt, sodass die durchschnittliche Leistung errechnet werden kann.

Auf der Grundlage dieser vier Größen (momentane Leistung, durchschnittliche Leistung im aktuellen Zeitraum, Gesamtenergie und verstrichene Zeit) schätzt Power Controller mithilfe eines speziellen Algorithmus den Gesamtverbrauch am Ende des Zeitraums. Ausgehend von dieser Schätzung werden dann verschiedene Maßnahmen getroffen. Ist der geschätzte Wert:

- größer als der Sollwert, wird einer der steuerbaren Verbraucher von der Stromversorgung getrennt oder ein Erzeuger zugeschaltet;
- gleich oder etwas niedriger als die durchschnittliche Sollleistung, bleiben die Zustände der steuerbaren Verbraucher und Erzeuger unverändert;
- deutlich niedriger als die durchschnittliche Sollleistung, wird einer der steuerbaren Verbraucher wieder eingeschaltet oder ein zuvor eingeschalteter Erzeuger abgeschaltet.

Der prädiktive Algorithmus wird mehrfach zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb des Zeitraums ausgeführt, sodass die Vorhersage aktualisiert wird und Verbraucher entsprechend ein- bzw. ausgeschaltet werden können. Das Ziel ist es, den tatsächlichen Verbrauch zu überwachen und zu verhindern, dass dieser den Grenzwert überschreitet. Sinkt der Verbrauch, können zuvor abgeschaltete Verbraucher wieder eingeschaltet und somit unnötige Ausschaltzeiten verhindert werden.

Dieser Vorgang wird zyklisch durchgeführt, und jedes Mal wird eine neue Schätzung errechnet. Ist der geschätzte Verbrauch trotz Abschaltens eines Verbrauchers weiterhin zu hoch, werden nach und nach weitere Verbraucher abgeschaltet, bis der Grenzwert eingehalten wird. Somit variiert die Anzahl der ein- bzw. abgeschalteten Verbraucher dynamisch, wobei stets garantiert ist, dass nur so viele Verbraucher abgeschaltet sind, wie zur Einhaltung des Grenzwerts erforderlich ist.

haben mehrere unerwünschte Effekte:

- Sie erhöhen den maximalen Wirkleistungsbedarf, und je nach Vertrag mit dem Stromversorger kann dies zusätzliche Kosten verursachen.
- Sie können Überlastalarme und sogar Schutzabschaltungen auslösen. Eine Möglichkeit, dies zu verhindern, ist die Überdimensionierung der Anlage, was aber den Einsatz teurerer Komponenten erfordert.
- Im größeren Maßstab benötigt das Netz Reserveerzeugungskapazität, um die Spitzen auszugleichen.

Lastspitzen sind das Ergebnis einer mangelnden Koordination zwischen verschiede-

nen Verbrauchern. Durch die Anwesenheit eines „Power Managers“, der verhindert, dass zu viele Verbraucher gleichzeitig zu viel Strom verbrauchen, können solche Lastspitzen wirksam begrenzt oder „gekappt“ werden. Der Emax 2 ist so ein Power Manager. Das Prinzip ist sehr einfach: Wenn der Stromverbrauch zu hoch ist, wird der Betrieb einiger minderpriorisierter Verbraucher um einige Sekunden oder Minuten verzögert, bis die Bedingungen ein Wiedereinschalten erlauben.

In vielen Niederspannungssystemen gibt es mehrere Verbraucher, die keine dauerhafte Stromversorgung benötigen und deren Betrieb kurzzeitig verschoben werden kann, ohne dass es der Benutzer

merkt. Wird z. B. eine Klimaanlage für eine Minute abgeschaltet, ist die Gesamtwirkung auf die Temperatur praktisch nicht spürbar. Andererseits kann die kurze Verzögerung das kurzfristige Einschalten und den Betrieb anderer, zeitkritischer Verbraucher ermöglichen, ohne dass der Gesamtbedarf den gesetzten Grenzwert überschreitet.

Die fortschrittliche Echtzeit-Steuerung von Emax 2 Power Manager nutzt diese Logik, um die von einer elektrischen Anlage aufgenommene Leistung zu begrenzen. Dazu trennt das System einige „steuerbare“ bzw. „verzögerbare“ Lasten vom Netz, die wieder zugeschaltet werden, sobald dies

- 1) Mehrere Generatoren sind parallel geschaltet. Für eine maximale Verfügbarkeit wird die Anlage als geschlossener Kreis (alle Leistungsschalter geschlossen) betrieben. Die typische Spannung beträgt 690 V.
- 2) Beim Start eines Generators verhindert die im Leistungsschalter integrierte Synchronitätsprüfung das Zuschalten, bis Frequenz und Phase mit dem Rest der Anlage übereinstimmen. Der Schalter schließt automatisch, wenn die Bedingungen erfüllt sind.
- 3) Bei einem Fehler sorgen Richtungsschutz- und digitale Verriegelungsfunktionen dafür, dass alle Leistungsschalter im Kreis den Fehlerort „kennen“. Die Schalter arbeiten als integriertes System, und nur die Schalter vor dem gestörten Abschnitt lösen aus.
- 4) Nur der gestörte Anlagenabschnitt wird außer Betrieb gesetzt. Der Leistungsfluss zum Rest der Anlage bleibt während des Fehlers gewährleistet.



ohne Überschreitung der Leistungsgrenze möglich ist. Die Leistungssteuerung optimiert permanent die Zahl der getrennten Verbraucher, während sie gleichzeitig versucht, die größtmögliche Last zu versorgen. Steuerbare Lasten werden durch „Slave“-Leistungsschalter – entweder vom Typ Emax 2 oder einem älteren Typ – ein-

Eine weitere mögliche Anwendung ist die Kopplung des Leistungsbedarfs an die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien → 4. Stehen zwei Stromquellen zur Verfügung, z.B. das Netz und eine Photovoltaik-Anlage (PV), entspricht die vom Netz aufgenommene Gesamtleistung dem Lastverbrauch minus der lokalen Erzeugung.

Steht die PV nicht zur Verfügung, erkennt der Emax Power Manager einen Anstieg der aufgenommenen Leistung und schaltet eine oder mehrere Lasten ab. Steht die PV wieder zur Verfügung, wird eine Abnahme des Nettoleistungsflusses erkannt, und

der Emax Power Manager schaltet die Lasten wieder zu. Diese Art der Bedarfssteuerung (Demand Response) funktioniert in Echtzeit auf der Grundlage eines lokalen Energiemanagements und kann in Stand-alone-Konfigurationen eingesetzt werden.

Der Emax 2-Leistungsschalter verfügt über eine integrierte Elektronikeinheit, die alle Schutz-, Mess-, Steuerungs- und Kommunikationsfunktionen implementiert. Sie wird auch als Schutzeinheit, Auslöseeinheit oder Auslöser bezeichnet. Der Produktname der Einheit ist Ekip. Die Leistungssteuerung ist eine der von der

In vielen Niederspannungssystemen gibt es mehrere Verbraucher, deren Betrieb kurzzeitig verschoben werden kann, ohne dass es der Benutzer merkt.

und ausgeschaltet, die wiederum per Befehl geöffnet und geschlossen werden. Anstatt Verbraucher abzuschalten, kann der Emax 2 Power Manager auch Hilfs-generatoren zuschalten, wenn es der Lastbedarf erfordert. Die Signalisierung für das Zuschalten und Trennen der Erzeuger erfolgt ebenfalls automatisch im Rahmen derselben Laststeuerungsstrategie. Das Ein- und Ausschalten der Verbraucher wird so koordiniert, dass die Gesamtleistung möglichst weit unter einem bestimmten Grenzwert gehalten wird → 3. Diese Grenze orientiert sich typischerweise an dem mit dem Stromversorger vereinbarten maximalen Leistungsbedarf.

Ist der Stromverbrauch hoch, kann der Speicher entladen werden, um die Versorgung der Last zu unterstützen. Bei geringem Stromverbrauch kann die Leistungsreserve zum Laden genutzt werden.



Ekip implementierten Funktionen – neben ihren anderen Aufgaben wie dem Schutz. In zukünftigen Anwendungen soll die Leistungssteuerungsfunktion (Power Controller) des Emax 2 verwendet werden, um den Leistungsbedarf an Tag- und Nachtzeiten oder den Energiemarktpreis zu koppeln → 5.

Ferner kann die Emax 2-Leistungssteuerung verwendet werden, um Lade- und Entladevorgänge in einem Energiespeichersystem auszulösen. Ist der Stromverbrauch sehr hoch, kann der Speicher in der Betriebsart „Entladen“ zugeschaltet werden, um die Versorgung der Last zu unterstützen. Bei geringem Stromverbrauch kann die verfügbare Leistungsreserve zum Laden des Speichersystems genutzt werden.

Schutz lokaler Erzeugungsanlagen

Ein bedeutender Trend in der Energieversorgung ist die zunehmende Anbindung lokaler Erzeugungsanlagen an Niederspannungs-Verteilnetze. Die Verbreitung von PV-Anlagen und kleinen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) ist offensichtlich, und sowohl in der Industrie als auch in der Schifffahrt werden lokale Erzeugungsanlagen bereits in großem Umfang eingesetzt. Der Schutz lokaler Erzeugungsanlagen vor Störungen ist manchmal eine technologische Herausforderung. Zwei Aspekte spielen hierbei eine besondere Rolle:

- Wird eine Anlage genutzt, um ein Mikronetz im Inselbetrieb – also vom Hauptnetz getrennt – zu versorgen, sollten Frequenzschwankungen genau überwacht werden. Die Frequenzänderungsrate sollte als Fehlerindikator verwendet werden, d. h. es ist ein spezieller Schutz erforderlich.
- Wird Leistung von einem Halbleitersystem (z. B. dem Wechselrichter einer PV-Anlage) bereitgestellt, sind die Kurzschlussströme typischerweise niedrig. Dies macht eine Erkennung für den traditionellen Überstromschutz schwierig. Eine mögliche Strategie ist die Erkennung von Stromanstiegen anhand eines deutlichen Spannungsabfalls, wie er für Kurzschlusszustände typisch ist.

Beide genannten Aspekte werden vom Emax 2 berücksichtigt, der spezielle Schutzfunktionen wie die Überwachung der Frequenzänderungsrate (ROCOF) und einen Überstromschutz auf der Basis von Spannungsmessungen beinhaltet. Beide Funktionen wurden erstmalig in einem Niederspannungs-Leistungsschalter implementiert.

Weitere Funktionen des Emax 2 richten sich an Systeme mit mehreren Stromquellen:

- Der sogenannte „Synchrocheck“ verhindert das Zuschalten eines Erzeugers, wenn seine Spannung nicht phasengleich mit der Netzspannung ist. Diese Funktion wird normalerweise durch ein separates Gerät implementiert und ist nun im Leistungsschalter integriert.



Verschiedene Anschlussklemmen und Zubehör unterstützen eine Vielzahl von Verbindungen.

– Ein Richtungsschutz mit logischer Verriegelung (ebenfalls eine exklusive Funktion von ABB-Niederspannungs-Leistungsschaltern) sorgt für eine maximale Verfügbarkeit in Systemen mit mehreren Stromquellen durch automatische Fehlerlokalisierung und Ausfallminimierung.

Ein Beispiel für ein Energieversorgungssystem auf einem Schiff ist in → 6 beschrieben.

Einfache Nutzung und Planung

Da Stromnetze immer komplexer werden, erfordern Anwendungen wie die hier beschriebenen recht komplexe Algorithmen. Trotzdem lässt sich der Emax 2 sehr einfach konfigurieren und nutzen. Der Nutzer muss lediglich die grundlegenden Parameter einstellen. Die gesamte Abstimmung erfolgt über eine spezielle Software, die alle Berechnungen vornimmt, sodass der Nutzer nicht durch die Komplexität abgelenkt wird. Die Auslöseeinheiten verfügen über grafische Menüs in Verbindung mit einem frontseitigen Tastenfeld oder einem Touchscreen, was eine äußerst intuitive und benutzerfreundliche Nutzung der Anwendungen ermöglicht → 7-8.

Die meisten Anwendungen sind als Steckmodule implementiert, die eine einfache Inbetriebnahme ermöglichen und vor Ort installiert werden können → 9. Soll eine bestehende Anlage um neue Funktionen erweitert werden, z. B. wenn ein Erzeuger an eine Sammelschiene angeschlossen

wird, kann der Generatorschutz zu dem Leistungsschalter hinzugefügt werden, der die Sammelschiene schützt.

Aus Sicht der Anlagenplanung stellt die Konstruktion des mechanischen Aufbaus eines Schaltfelds für die Installation eines Leistungsschalters manchmal eine Herausforderung dar. Der Emax 2 bietet eine Vielzahl von Anschlussklemmen und Zubehör, um eine maximale Vielfalt von Verbindungen (Kabel, Kupfer- oder Aluminiumsammelschienen usw.) zu unterstützen.

Um Zeit und Aufwand bei Anlagenplanung zu sparen, steht eine ebenfalls innovative Produktdokumentation mit Videohandbüchern, 2-D- und 3-D-Zeichnungen im elektronischen Format zur Verfügung. Für Anlagendesigner gibt es White Paper und technische Anwendungshandbücher, die die neuen Produkte und die richtige Auswahl und Anwendung des neuen Emax 2-Leistungsschalters beschreiben.

Pietro Esposto

Paolo Gritti

Enrico Ragaini

ABB Low Voltage Products

Bergamo, Italien

pietro.esposto@it.abb.com

paolo.gritti@it.abb.com

enrico.ragaini@it.abb.com