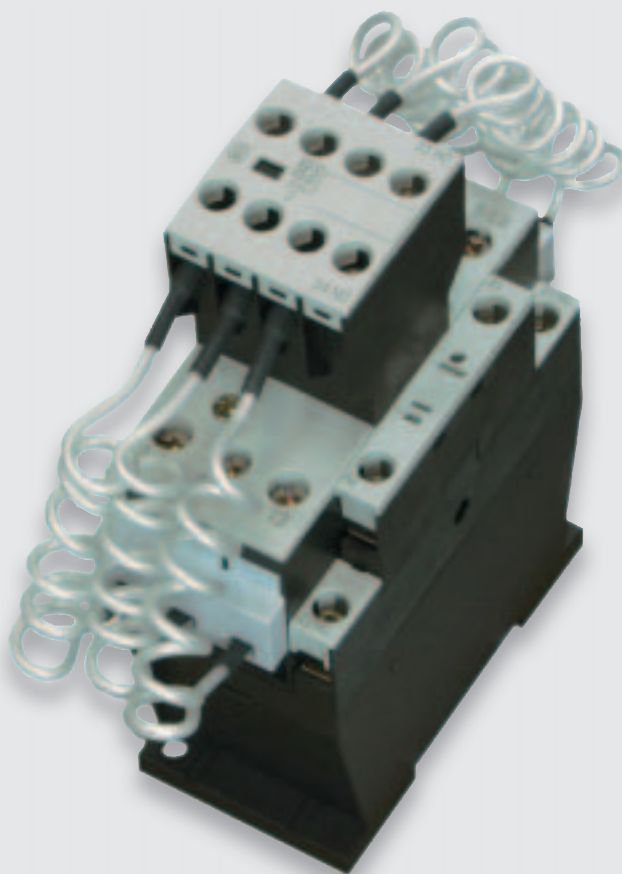


Schaltgeräte für Blindstromkompensationsanlagen



Fachaufsatz
Dipl.-Ing. Dirk Meyer

EATON

Powering Business Worldwide

MOELLER 

An Eaton Brand

Schaltgeräte für Blindstromkompensationsanlagen

Bei der Kompensation ist zwischen verschiedenen Schaltungsarten bzw. Zuordnungen der Kondensatoren zu induktiven Verbrauchern zu unterscheiden.

Man unterscheidet zwischen der Einzelkompensation und der Zentralkompensation.

Bei der Einzelkompensation wird der Kondensator einem Verbraucher fest oder schaltbar zugeordnet.

Bei der Zentralkompensation wird der Leistungsfaktor einer Verbrauchergruppe mit schwankender Leistungskonfiguration ermittelt. Mehrere Kondensatoren werden in Stufen automatisch durch einen Blindleistungsregler zu- und abgeschaltet. Aufgabe beider Anwendungsarten ist die Verbesserung des Leistungsfaktors und damit die Reduzierung der Blindleistung.

In welchem Maß der Leistungsfaktor zu verbessern ist und wie im Einzelfall die wirtschaftlichen Auswirkungen durch eine günstigere Tarifgestaltung sind, ist mit den Tarifberatern des zuständigen Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmens (EVU) zu klären.

In diesem Aufsatz werden die Schaltgeräte betrachtet. Die Beanspruchungen für die Schütze und auch für die Kondensatoren unterscheiden sich bei der

Einzelkompensation und bei der Zentralkompensation. Beide Beanspruchungsarten werden nachfolgend beschrieben.

Besondere Bedeutung haben die Schaltungs- und Beanspruchungsunterschiede durch neue Technologien bei der Kondensatorherstellung erhalten.

Durch neue Materialien und Herstellungsverfahren sind in den letzten Jahren die induktiven Innenwiderstände der Kondensatoren geringer geworden. Durch die jetzt geringeren Impedanzen, die den Strom des hochfrequenten Einschwingvorgangs beim Einschalten geringer begrenzen, sind die Einschaltspitzenströme stark gestiegen.

Einzelkompensation

Bei der Einzelkompensation zieht der Kondensator seinen Ladestrom aus dem Netz. Um auch die Leitungen von der Blindleistung zu entlasten, wird bei dieser Schaltung der Kondensator räumlich möglichst nahe beim Betriebsmittel angeordnet. Bei diesem Anwendungsfall ist das Schütz in der Regel nicht trafo-nah – z.B. im Hauptverteiler – angeordnet, sondern in einem Unterverteiler.

Nach Bild 1 sind auf dem Stromweg vom MS-Trafo bis zum Kondensator zahlreiche Einzelimpedanzen vorhanden, die

Dipl.-Ing. Dirk Meyer

Produktsupport elektromechanische Motorstarter

Geschäftsbereich Leistungsschalter, Motorstarter und Drives
Eaton Industries GmbH, Bonn

aufaddiert bewirken, dass die Einschaltspitzenströme in der Regel $< 30 \times I_N$ des Kondensators bleiben. Damit bleiben die Einschaltspitzenströme, die für wenige Millisekunden beim Einschalten fließen, im Rahmen des Einschaltvermögens der normalen Motorschütze DIL M.... Normalerweise werden bei der Einzelkompensation die Kondensatoren zum Verbraucher direkt parallel geschaltet. Das bedeutet, dass der Kondensator mit dem gleichen Schütz wie der Motor geschaltet wird.

Entsprechend Bild 2 ist der Motorschutz unterschiedlich einzustellen, je nachdem, ob der Kondensator vor oder hinter dem Motorschutzrelais angeschlossen ist, ob also der Blindstrom über den thermischen Auslöser fließt oder nicht.

Aus Sicht der Beanspruchung des Schützes können bei der Einzelkompensation normale Leistungsschütze DIL M... verwendet werden.

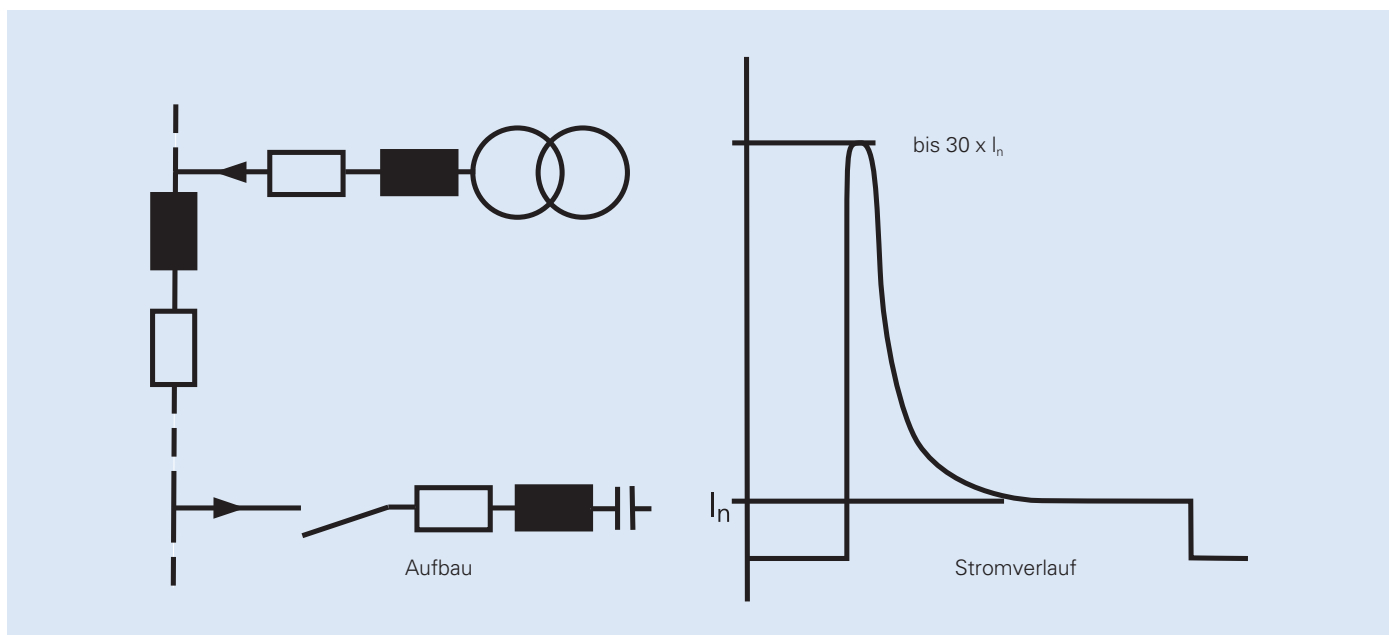
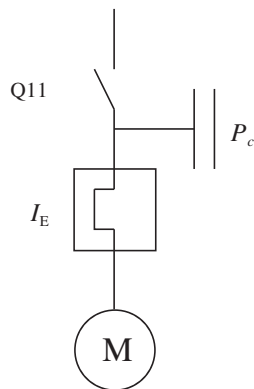


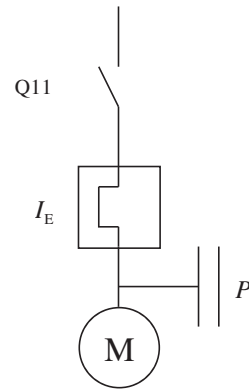
Bild 1

Kondensator angeschlossen

an den Schützklemmen



an den Motorklemmen



Einstellung des Motorschutzrelais

$$I_E = I_N$$

$$I_E = \sqrt{I_W^2 + (I_B - I_C)^2}$$

Hinweise

Kondensator entlastet Leitung vom Schütz zum Motor nicht

Kondensator entlastet Leitung vom Schütz zum Motor, übliche Anordnung

| | | |
|----------------|----------------------------------|------------|
| I_N | = Motornennstrom | [A] |
| I_W | = Wirkstrom des Motors | [A] |
| I_B | = Blindstrom des Motors | [A] |
| I_C | = Kondensatorstrom | [A] |
| I_E | = Einstellstrom des Schutzrelais | [A] |
| $\cos \varphi$ | = Leistungsfaktor des Motors | |
| U_N | = Nennspannung | [V] |
| P_C | = Kondensatornennleistung | [kvar] |
| C | = Kapazität des Kondensators | [μ F] |

$$I_W = I_N \times \cos \varphi$$

$$I_B = \sqrt{I_N^2 - I_W^2}$$

$$I_C = \sqrt{3} \times U_N \times 2\pi f \times C \times 10^{-6}$$

$$I_C = \frac{P_C \times 10^3}{\sqrt{3} \times U_N}$$

Bild 2

Zentralkompensation

Bei der Zentralkompensation erfolgt die räumliche Anordnung der Schütze und Kondensatoren in den meisten Fällen in der Nähe des NS-Transformators, z.B. im Niederspannungshauptverteiler. An dieser Stelle ist zu beachten, dass die Betriebsspannung und ebenfalls die Kurzschlussleistung im Fehlerfall höher sind.

Die höhere Spannung wurde von den Kondensatorherstellern durch die höhere Nennbetriebsspannung der Kondensatoren berücksichtigt. Auf diese Spannungen

sind auch die Leistungsangaben der Schütze zum Schalten von Kondensatoren bezogen.

Bei der Zentralkompensation wird der Ladestrom der Kondensatoren nun nicht mehr nur über den impedanzbehafteten Weg aus dem Netz, sondern auch impedanzarm von den benachbarten, bereits geladenen Kondensatoren gespeist. Damit liegen nun die Einschaltspitzenströme in der Größenordnung $> 150 \times I_N$.

Damit ist das Einschaltvermögen normaler Motorschütze überschritten.

Physikalisch gesehen lösen die hohen, nadelförmigen Stromspitzen aus dem Kontaktmaterial die Legierungsbestandteile heraus, die das Verschweißen verhindern. Es bleibt nach wenigen hundert Schaltungen das reine Silber übrig und die Kontakte verschweißen. Hier werden besondere Geräte oder entsprechende Maßnahmen erforderlich.

a) Spezial-Kondensatorschütze DILK...

Diese Kondensatorschütze sind aus den Leistungsschützen DILM... entwickelt worden und passen in Bezug auf Handhabung und Zusatzausrüstung vollkommen zu dem Produktsystem xStart. Diese Schütze beinhalten neben einem speziellen, verschweißsicheren Kontaktmaterial Vorwiderstände. Über einen voreilenden Spezialhilfsschalter und die Vorwiderstände werden die Kondensatoren vorgeladen. Danach schließen die Hauptkontakte und führen den Dauerstrom.

b) Verdrosselung der Kompensationsstufen

Durch den immer höher werdenden Anteil an „nicht-linearen Verbrauchern“ (z.B. Leistungselektronik, Schaltnetzteile ...) steigt im Netz der Anteil der Oberschwingungen. Dies kann u.U. zur thermischen Überlastung der Kondensatoren führen, da die Resonanzfrequenz des aus Netzinduktivität und Kompensationskapazität gebildeten Schwingkreises in der Höhe der Frequenz einer Oberschwingung liegen kann. Bei geregelten Kompensationsanlagen können, je nach Größe und Anzahl der Stufen, viele Resonanzfrequenzen durchlaufen werden.

Um Schäden zu vermeiden, werden deshalb Kompensationsanlagen Drosseln vorgeschaltet. Weiterhin verhindern die Drosseln, dass die Rundsteueranlagen der EVUs gestört werden, und sind des-

halb in den technischen Abschlussbedingungen (TAB) häufig vorgeschrieben.

Verdrosselte Kompensationsanlagen

- kompensieren Blindleistung
- saugen unerwünschte Oberschwingungen aus dem Betriebsnetz
- vermeiden Resonanzerscheinungen mit den Oberschwingungen
- sind auch für Netze mit Rundsteueranlagen geeignet

Verdrosselte Anlagen haben auch noch einen weiteren Vorteil:

Die Einschaltstromspitze beim Einschalten einer Kondensatorstufe wird erheblich gedämpft. Somit können zum Schalten der verdrosselten Kompensationsstufen normale Leistungsschütze DIL M... zum Einsatz kommen. Dasselbe gilt auch bei unverdrosselten Anlagen, wenn zwischen Schütz und Kondensator eine Zusatzinduktivität $> 5 \mu\text{H}$ eingefügt wird (das entspricht einer Luftspule mit 4 Windungen und einem Durchmesser von 14 cm). Die verwendeten Leistungsschütze müssen allerdings richtig dimensioniert werden. So sollte das Schütz nach EN 60931-1 den 1,5fachen Kondensatorbetriebsstrom dauerhaft führen können. Damit kann man die maximale Kondensatornennleistung einer verdrosselten Kondensatorbatterie, die ein Leistungsschütz schalten soll, nach [kvar] bestimmen.

$$P_C = \sqrt{3} U_N \times 0,66 \times I_{AC-1} \times 10^{-3}$$

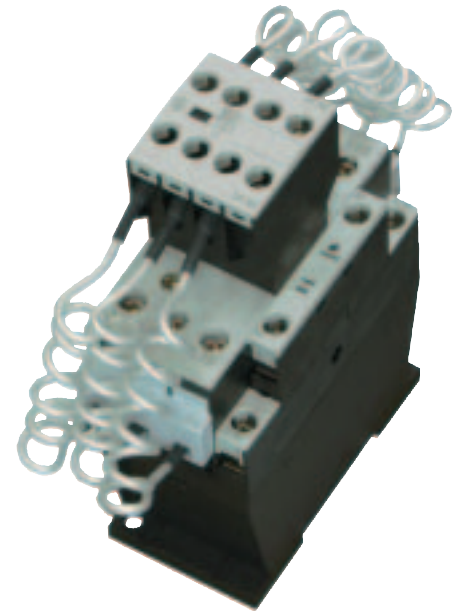


Bild 4

c) Schaltungsmaßnahmen bei der Schützensteuerung

Wenn man die Schaltvorgänge einer Kondensatorbatterie beobachtet, sieht man, dass oft mehrere Schütze ständig eingeschaltet bleiben und einige wenige die Regelaufgabe übernehmen. Es ist also für die Lebensdauer der Schütze günstiger, dafür zu sorgen, dass die Anzahl der Schaltungen gleichmäßig auf alle Schütze einer Kompensationsanlage verteilt wird. Verschiedene Hersteller von Blindleistungsreglern bieten zu diesem Zweck so genannte Ringregler an, die die Schaltfolge der Schütze zyklisch vertauschen.

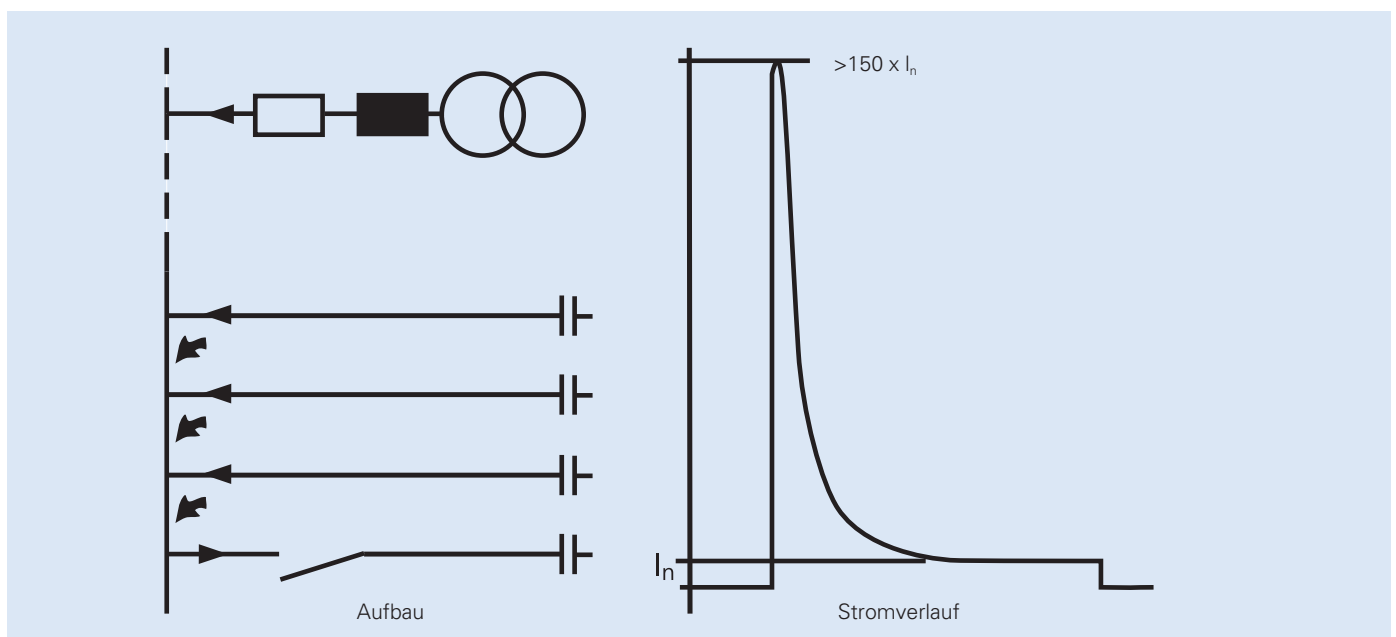


Bild 3

Projektierungshinweise

Leistungsschütze für Blindleistungskompensation

| Typ | 230V kvar | 400V 420V 440V kvar | 525V kvar | 690V kvar |
|-------------------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|--------------|
| Einzelkompensation | | | | |
| DILM7 | 1.5 | 3 | 3.5 | 5 |
| DILM9 | 2 | 4 | 4.5 | 6 |
| DILM12 | 2.5 | 4.5 | 5.5 | 7 |
| DILM15 | 2.5 | 4.5 | 5.5 | 7 |
| DILM17 | 6.5 | 12 | 14.5 | 19 |
| DILM25 | 7 | 13.5 | 16 | 21 |
| DILM32 | 7.5 | 14.5 | 17 | 22.5 |
| DILM40 | 11 | 20.5 | 24.5 | 32 |
| DILM50 | 11.5 | 22 | 26 | 34.5 |
| DILM65 | 12.5 | 23.5 | 28 | 37 |
| DILM80 | 16 | 30.5 | 36.5 | 48 |
| DILM95 | 18 | 34 | 41 | 54 |
| DILM115 | 24 | 46 | 54.5 | 72 |
| DILM150 | 28 | 53 | 63.5 | 83.5 |
| DILM185 | 87 | 150 | 190 | 150 |
| DILM300 | 115 | 200 | 265 | 200 |
| DILM580 | 175 | 300 | 400 | 300 |
| Zentralkompensation, verdrosselt | | | | |
| DILM7 | 4 | 7 | 7.5 | 12 |
| DILM9 | 5 | 8 | 10 | 14 |
| DILM12 | 5.5 | 10 | 12 | 16 |
| DILM15 | 5.5 | 10 | 12 | 16 |
| DILM17 | 7.5 | 16 | 20 | 28 |
| DILM25 | 9 | 18 | 23 | 30 |
| DILM32 | 10 | 20 | 24 | 32 |
| DILM40 | 13 | 25 | 30 | 40 |
| DILM50 | 16 | 30 | 36 | 48 |
| DILM65 | 19 | 36 | 43 | 57 |
| DILM80 | 30 | 58 | 68 | 90 |
| DILM95 | 34 | 66 | 79 | 104 |
| DILM115 | 44 | 80 | 100 | 125 |
| DILM150 | 50 | 97 | 115 | 152 |
| DILM185 | 80 | 150 | 200 | 260 |
| DILM225 | 100 | 175 | 230 | 300 |
| DILM250 | 110 | 190 | 260 | 340 |
| DILM300 | 130 | 225 | 290 | 390 |
| DILM400 | 160 | 280 | 370 | 480 |
| DILM500 | 220 | 390 | 500 | 680 |
| Zentralkompensation, unverdrosselt | | | | |
| DILK12 | 7.5 | 12.5 | 16.7 | 20 |
| DILK20 | 11 | 20 | 25 | 33.3 |
| DILK25 | 15 | 25 | 33.3 | 40 |
| DILK33 | 20 | 33.3 | 40 | 55 |
| DILK50 | 25 | 50 | 65 | 85 |
| DILM185 | 66 | 115 | 145 | 115 |
| DILM300 | 85 | 150 | 195 | 150 |
| DILM580 | 145 | 250 | 333 | 250 |

Eaton Electric GmbH
Kunden-Service-Center
Postfach 1880
53105 Bonn

Auftragsbearbeitung

Kaufmännische Abwicklung
Direktbezug
Tel. 0228 602-3702
Fax 0228 602-69402
E-Mail: Bestellungen-Bonn@eaton.com

Kaufmännische Abwicklung
Elektrogroßhandel
Tel. 0228 602-3701
Fax 0228 602-69401
E-Mail: Bestellungen-Handel-Bonn@eaton.com

Technik

Technische Auskünfte / Produktberatung
Tel. 0228 602-3704
Fax 0228 602-69404
E-Mail: Technik-Bonn@eaton.com

Anfragen / Angebotserstellung
Tel. 0228 602-3703
Fax 0228 602-69403
E-Mail: Anfragen-Bonn@eaton.com

Qualitätssicherung / Reklamationen
Tel. 0228 602-3705
Fax 0228 602-69405
E-Mail: Qualitaetssicherung-Bonn@eaton.com

Zentrale

Tel. 0228 602-5600
Fax 0228 602-5601

Schweiz
Internet: www.moeller.ch

Lausanne
Eaton Industries II Sarl
Chemin du Vallon 26
1030 Bussigny
Tel. +41 58 458 14 68
Fax +41 58 458 14 69
E-Mail: lausanneswitzerland@eaton.com

Zürich
Eaton Industries II GmbH
Im Langhag 14
8307 Effretikon
Tel. +41 58 458 14 14
Fax +41 58 458 14 88
E-Mail: effretikonswitzerland@eaton.com

Österreich
Internet: www.moeller.at / www.eaton.com

Wien
Eaton GmbH
Scheydgasse 42
1215 Wien, Austria
Tel. +43 (0)50868-0
Fax: +43 (0)50868-3500
Email: InfoAustria@Eaton.com

After Sales Service
Eaton Industries GmbH
Hein-Moeller-Straße 7-11
53115 Bonn
Tel. +49 (0) 228 602-3640
Fax +49 (0) 228 602-1789
Hotline +49 (0) 1805 223822
E-Mail: AfterSalesEGBonn@Eaton.com
www.moeller.net/aftersales

Eaton Corporation

Eaton ist ein führendes Energiemanagement-Unternehmen. Weltweit ist Eaton mit Produkten, Systemen und Dienstleistungen in den Bereichen Electrical, Hydraulics, Aerospace, Truck und Automotive tätig.

Eatons Electrical Sector

Eatons Electrical Sector ist weltweit führend bei Produkten, Systemen und Dienstleistungen zu Energieverteilung, sicherer Stromversorgung und Automatisierung in der Industrie, in Wohn- und Zweckbauten, öffentlichen Einrichtungen, bei Energieversorgern, im Handel und bei OEMs.

Zu Eatons Electrical Sector gehören die Marken Cutler-Hammer®, Moeller®, Micro Innovation, Powerware®, Holec®, MEM® und Santak®.

www.eaton.com

E-Mail: info-bonn@eaton.com
Internet: www.eaton.com/moellerproducts
www.eaton.com

Herausgeber:
Eaton Corporation
Electrical Sector – EMEA

Eaton Industries GmbH
Hein-Moeller-Str. 7-11
D-53115 Bonn

© 2004 by Eaton Industries GmbH
Änderungen vorbehalten
VER2100-934D ip 11/10
Printed in Germany (11/10)
Artikelnr.: 281534

