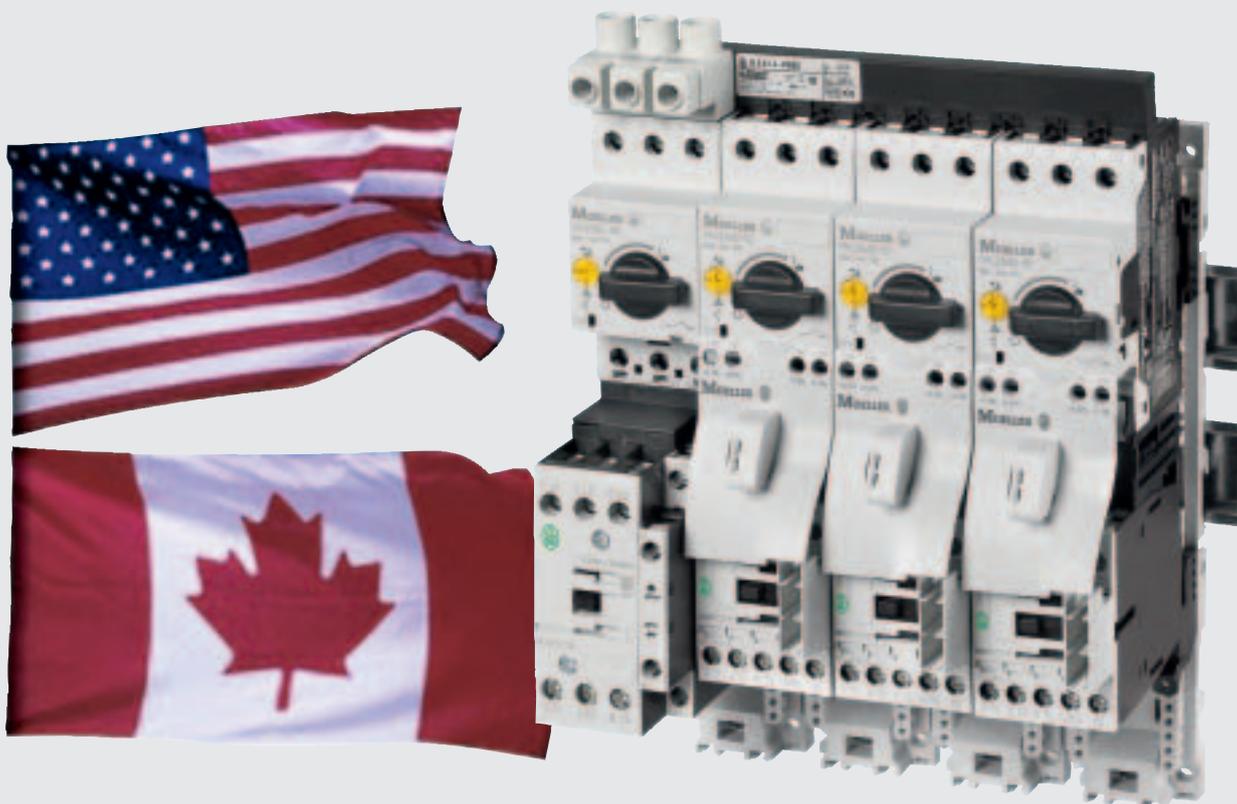


Besondere Bedingungen für den Einsatz von Motorschutzschaltern und Motorstartern in Nordamerika



Fachaufsatz

Dipl.-Ing. Wolfgang Esser

2. überarbeitete Auflage 2010

EATON

Powering Business Worldwide

MOELLER 

An Eaton Brand

2. überarbeitete Ausgabe 2010
Dipl.-Ing. Wolfgang Esser
Manager Product Support ICD-PSP
Industrial Control Devices
Electrical Sector
Eaton Industries GmbH, Bonn

Der Aufsatz entstand mit
freundlicher Unterstützung von:

Herrn BA Phys. Andre R. Fortin
Manager – Codes & Standards
International Corporate Advisor –
Power Products
Moeller Electric Corp., Houston, USA

und

Herrn Dipl.-Ing. Dieter Reiß
Manager Product Certifications
Institute for International Product Safety GmbH, Bonn

Inhaltsübersicht und Vorwort

Besondere Bedingungen für den Einsatz von Motorschutzschaltern und Motorstartern in Nordamerika	Seite
Empfehlung für den Gebrauch dieses umfangreichen Aufsatzes	4
Zusammenfassung für Schnellleser	4
Approbationspflicht in Nordamerika	5
Mitwirkung der Verarbeiter und Betreiber approbierter Komponenten	6
Anforderungen unterschiedlicher Vertriebswege an approbierte Schaltgeräte	6
Gerätearten in Nordamerika	7
Motorschutzschalter oder Leistungsschalter?	7
Nordamerikanische Leistungsangaben für Industrieschaltgeräte	8
Abnahme durch Inspektoren	8
Gruppenabsicherung nach NEC, Artikel 430-53 und CEC Part 1, Rule 28-206 (<i>group-protection</i>)	9
• Auswirkungen der Gruppenabsicherung auf die Leitungsquerschnitte im Motorstromkreis	10
Beispiele gängiger Kombinationen in Motorschaltkreisen	10
Weitere amerikanische Besonderheiten sind im Zusammenhang mit gekapselten Komponenten zu beachten	10
Grundsätzliche Erläuterungen zu Schaltgeräten für den nordamerikanischen Markt	11
• Motorschütze für den nordamerikanischen Markt	11
– Kombinationen „Schütz + Überstromrelais“ (<i>Non-Combination Motor Starter</i>)	11
• Motorschutzschalter für den nordamerikanischen Markt (<i>Manual Motor Controllers</i>)	12
– Motorschutzschalter <i>PKZ</i>	12
– „Motorschutzschalter“ <i>NZM...-ME...-NA</i> , „Motor Protective Circuit Breaker“	14
• Leistungsschalter für den nordamerikanischen Markt	14
– Leistungsschalter <i>NZM...-S(E)...-CNA</i> (ohne Bimetall-Überlastauslöser)	14
– Leistungsschalter <i>NZM...-A(V)(E)(F)...-NA</i>	15
– Vorteile von Leistungsschaltern gegenüber Sicherungen in nordamerikanischen Motorstromkreisen	15
• Handbetätigte Schalter in Motorstromkreisen	15
Starter nach nordamerikanischen Normen	15
• Combination Motor Starters	15
Unterschiedliche konstruktive Lösungen für „Combination Motor Starters“	15
• UL 508 Type E Self-Protected Combination Motor Controller	16
– Self-Protected Combination Starter <i>PKZ2/ZM-.../S-SP</i>	18
– Manual Self-Protected Combination Starter <i>PKZM0</i> mit Einspeiseklemme <i>BK25/3-PKZ0-E</i>	19
– für den Einsatz in den USA	19
– für den Einsatz in Kanada	20
• UL 508 Type F Combination Starter	21
Tap Conductor Protector	23
Übersicht Motorstarter für Nordamerika	23
Stand	23
Literatur	23
Bild 12, Motorstarter für Nordamerika	24
Useful Tables	26

Empfehlung für den Gebrauch dieses umfangreichen Aufsatzes

Leser, die wenig Zeit aufwenden können und die schnell zur Lösung kommen wollen, sollten gleich die im Inhaltsverzeichnis fett gedruckten Absätze zum Thema „verschiedene konstruktive Lösungen für Combination Motor Starters“ lesen.

Leser, die auch nachvollziehen möchten, weshalb sie für den Export nach Nordamerika die beschriebenen Lösungen anwenden sollen, werden durch die einleitenden Absätze (im Inhaltsverzeichnis nicht fett gedruckt)

- an die Grundzüge des nordamerikanischen Approbationswesens,
- die unterschiedlichen Richtlinien für „Geräte zur Energieverteilung“ und für „Industrieschaltgeräte“
- an die grundsätzlichen Erläuterungen zu Schaltgeräten für den nordamerikanischen Markt und
- an die abweichenden Anforderungen an Motorstarter herangeführt.

Der Aufsatz wendet sich an Planer, Projektoren, Schaltanlagenbauer und Schaltanlagenbetreiber, die außerhalb von Nordamerika für dieses Geschäftssegment tätig sind. Auf die Darstellung der für die Approbationen im Einzelnen erforderlichen Prüfungen und auf die Darstellung konstruktiver Details wird verzichtet. Obwohl der Aufsatz recht umfangreich ist, beschäftigt er sich lediglich mit dem Teilaspekt Motorschutzschalter und Motorstarter für Nordamerika. Für die Projektierung kompletter Schaltanlagen ist zusätzliches Wissen über nordamerikanische Besonderheiten erforderlich.

Zusammenfassung für Schnelleser:

Der Aufsatz erläutert die unterschiedlichen Vorstellungen bezüglich des Aufbaus und der Anwendung von Schalt- und Schutzgeräten für Motorstarter in Nordamerika und in der IEC-Welt. Gleiche oder ähnliche Begriffe sind in den beiden Welten z. T. mit unterschiedlichen Bedeutungen belegt.

Ausgangspunkt für viele Beanstandungen bei Abnahmen ist die amerikanische Forderung und Gewohnheit, ein separates Vorschaltenschutzorgan vor Manual Motor Controllern/Manual Motor Protectors nach UL 508 bzw.

CSA-C22.2 No.14-05 zu verlangen (Motorschutzschalter nach IEC/EN). Alternativen liegen in der Vergrößerung der Luft- und Kriechstrecken auf der Schaltereingangsseite, z. B. auf wesentlich größere Maße entsprechend UL 489 und die CSA-C22.2 No. 5-09.

Für exportierende Maschinen- und Anlagenbauer stellen die vorgestellten schmelzsicherungslosen Lösungsvarianten für „Combination Motor Starters“:

- **UL 508 Type E Self-Protected Combination Motor Controller**
 - Self-Protected Combination Starter PKZ2/ZM-.../S-SP
 - Manual Self-Protected Combination Starter PKZM0-.. mit Einspeiseklemme BK25/3-PKZ0-E
- **UL 508 Type F Combination Starter**

Lösungen dar, die auch in der IEC-Welt einsetzbar sind, wenn die Exporteure nur eine Ausführung der elektrischen Ausrüstung ihrer Maschinen oder Anlagen haben wollen. In diesem Fall müssen aber auch alle nordamerikanischen Anforderungen an die Schaltanlagen, einschließlich der nordamerikanischen Verdrahtungsmaterialien und -farben, eingehalten werden. Bild 12, am Ende des Aufsatzes, stellt die Struktur verschiedener Starterlösungen und deren Leistungsfähigkeit dar.

Die vorgestellten Lösungen erleichtern es aber auch ganz wesentlich, mit zwei getrennten Varianten der elektrischen Ausrüstung von Maschinen und Anlagen für Nordamerika und die IEC-Welt zu arbeiten, da der geometrische Aufbau der Schaltanlagen weitgehend gleich gestaltet werden kann. Schmelzsicherungslose Schaltanlagen sind für den Export nach Nordamerika besonders zu empfehlen, um Probleme bei der Beschaffung der Sicherungen in Europa zu vermeiden und weil die Sicherungsträger teilweise recht große Abmessungen besitzen.

Der Aufsatz zeigt, dass die Approbations-Materie nicht ganz einfach ist. Sie unterliegt einer ständigen Weiterentwicklung, die sorgfältig beobachtet werden muss. Es gibt viele Details,

die der Anwender nur vom Schaltgerätehersteller erfahren kann. Bei Eaton Electric finden Sie Spezialisten, die Sie bei der Projektierung von Schaltanlagen für Nordamerika beraten und die Sie u. U. bei Problemen während der Inbetriebnahme in Amerika unterstützen können. Vertrauen Sie auf die jahrzehntelangen Erfahrungen; Approbationen waren immer eine Stärke von Eaton Moeller.

Dipl.-Ing. Wolfgang Esser

Eaton Industries GmbH, Bonn

Besondere Bedingungen für den Einsatz von Motorschutzschaltern und Motorstartern in Nordamerika

Unterschiedliche Normensituationen und Marktgewohnheiten in Europa (IEC-Richtlinien)¹ und in Nordamerika (NEC² / CEC³ / Standards) können bei Nichtbeachtung zu ärgerlichen Verzögerungen oder zu aufwendigen Umbauten europäischer Schaltanlagen (z.B. Maschinensteuerungen) beim Export nach Nordamerika führen. In Nordamerika gibt es partiell unterschiedliche Codes und Standards in den USA und in Kanada. Auf Beispiele dieser Unterschiede wird später hingewiesen. Dieser Beitrag soll die unterschiedlichen Ansichten erläutern und dazu beitragen, Missverständnisse, Zeitverluste und Ärger vorbeugend zu vermeiden. Aus diesem Grund stehen wir auch im ständigen Dialog mit den Approbations- bzw. Zertifizierungsgesellschaften und mit unseren Kollegen von Eaton in Nordamerika, die uns immer auf dem Laufenden halten.

Auch in Deutschland wird der schon früher in Nordamerika übliche Begriff „Motorstarter“ genutzt, allerdings mit einem etwas anderen Verständnis. Zu seinem Durchbruch in Europa und Deutschland hat die IEC / EN 60 947-4-1 [1] geführt. Diese Norm beschäftigt sich unter anderem mit der notwendigen Koordination der Auswirkungen von Kurzschlussströmen auf Kombinationen aus Schützen und Motorschutzrelais bzw. Motorschutzschaltern (Motorstarter-Zuordnungsarten). Diese Begriffe findet man inzwischen auch in dem noch relativ neuen Standard UL 60947-4-1 [2] in den USA und in dem Standard CSA-C22.2 No. 60947-4-1-07 [3] in Kanada.

Motorstarter nach den internationalen (ohne Nordamerika) und europäischen Richtlinien sind bei den verschiedenen Schaltgeräteanbietern im Wesentlichen gleich und diese internationalen Lösungen haben sich weltweit viele millionenfach bewährt. Interessant ist, dass es auch in Nordamerika einen wachsenden Markt für europäische Produkte gibt, z.B. für den Maschinen- und Anlagenexport von Nordamerika nach Europa. Daher sind die europäischen Schaltgeräte- und Schaltanlagen-

Philosophien in Nordamerika durchaus bekannt. Wenn trotzdem die Leistungsfähigkeit europäischer Schaltgeräte in Nordamerika nicht ohne weiteres anerkannt wird, liegt es nicht daran, dass die internationalen Konstruktionsprinzipien nicht die nordamerikanischen Prüfungen bestanden hätten, sondern daran, dass es für diese innovativen Konstruktionsprinzipien noch keine nordamerikanischen Standards gibt, mit denen man die Leistungsfähigkeit der neuartigen Produkte beweisen könnte. Beweise nach internationalen Normen, sowie positive, praktische Erfahrungen beim Einsatz reichen nicht aus. Darf man etwa aus den nordamerikanischen Vorhalten im weitesten Sinne auf Handelshemmnisse für europäische Produkte schließen, die die baulich wesentlich größeren, nordamerikanischen Produkte schützen sollen? Immerhin gibt es eine Annäherung durch die UL 60 947-1 [4]. Die Nummer ist von den internationalen und europäischen Richtlinien und Normen her für Niederspannungs-Schaltgeräte bekannt. Unter gleichen Gruppennummern beschäftigen sich die nordamerikanischen Standards jetzt auch mit Motorstartern, aber die Anforderungen sind noch ungleich.

Approbationspflicht in Nordamerika

In den USA verlangen die gesetzlich verankerte OSHA⁴ und der NEC die Approbation⁵ von Geräten und Anlagen durch Prüfbehörden (NRTL)⁶, wie z.B. UL⁷. In Kanada müssen alle elektrischen Betriebsmittel dem CEC entsprechen, der verlangt, dass alle Geräte und Anlagen CSA-approbiert⁸ sind.

Die Approbationspflicht ist in Nordamerika mit einer Kennzeichnungspflicht verbunden. Approbierte Geräte müssen mit den Approbationszeichen am Gerät gekennzeichnet sein (**Tabelle 1**). Die verbindliche Registrierung der approbierten Produkte erfolgt nicht mehr wie früher in jährlich erscheinenden Büchern, sondern heute wesentlich aktueller in Datenbanken der Approbations-Gesellschaften im Internet⁹.

Infolge der Handelsbeziehungen nach den NAFTA-Verträgen¹⁰ gibt es zusätzlich die Möglichkeit, bei den Approbationsgesellschaften eine gemeinsame Zulassung für die USA und Kanada zu beantragen. Diese Produkte tragen dann ein Logo, das in beiden Ländern Anerkennung finden soll. Da lokale Inspektoren und Endverbraucher diese gemeinsame Approbation immer noch nicht voll akzeptieren, nutzt Eaton Moeller diese Approbationserleichterung zurzeit nur in seltenen Fällen.

Für Eaton Moeller haben sich aus der Approbationspflicht zwei produktabhängige Lösungen ergeben:

- wenn die nordamerikanischen Forderungen mit den Forderungen anderer Länder in einer Produktausführung vereinbar sind, bietet Eaton Moeller „Weltmarktgeräte“ an, die in einer einzigen Ausführung alle notwendigen Approbationen besitzen und die dadurch weltweit einsetzbar sind (Beispiele sind Schütze, Motorschutzrelais, Motorschutzschalter oder Befehls- und Meldegeräte, bei denen die IEC-Geräte zusätzlich die Approbationszeichen tragen).
- wenn die nordamerikanischen Forderungen nicht mit den Forderungen anderer Länder in einer einzigen Ausführung vereinbar sind oder wenn die Verbindung wegen Gebühren unwirtschaftlich ist, hat Eaton Moeller sich zu zwei oder mehr getrennten Produktausführungen entschieden (Beispiele sind z.B. Leistungsschal-

1 IEC = International Electrical Commission

2 NEC = National Electrical Codes (USA)

3 CEC = Canadian Electrical Code

4 OSHA = Occupational Safety and Health Administration (<http://www.osha.gov>)

5 In Deutschland wird üblicherweise der Begriff „Approbation“ benutzt, obwohl der Begriff „Zertifizierung“ dem nordamerikanischen Sprachgebrauch entsprechen würde. Eine Zertifizierung von Produkten erfolgt durch die NRTL's, eine Approbation (Akzeptierung) erfolgt durch die örtlichen Inspektoren der Authorities Having Jurisdiction (AHJ). In diesem Aufsatz wird der Begriff „Approbation“ für die Leistung der NRTL's verwendet.

6 NRTL = Nationally Recognized Testing Laboratories

7 UL = Underwriter's Laboratories (<http://www.ul.com>, <http://www.ul-europe.com/de/index.php>)

8 CSA = Canadian Standards Association (<http://www.csa-international.org>, <http://www.csa-europe.org/german/Default.asp>)

9 Zugang zur Datenbank von UL = <http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.html>, Zugang zur Datenbank von CSA = <http://directories.csa-international.org/>

10 NAFTA = North American Free Trade Agreement, <http://www.nafta-sec-alena.org/>

ter). Hier sind die Typenreihen der Geräte so modifiziert, dass sie den nordamerikanischen Vorschriften entsprechen. Diese Produkte sind durch Typenzusätze „-NA“ oder „-CNA“ gekennzeichnet. Nur diese nordamerikanischen Varianten unterliegen dem kostenpflichtigen Inspektionsdienst. Konstruktiv weisen die Geräte gegenüber den IEC-Versionen keine oder meist nur geringfügige Abweichungen auf.

In den USA unterscheidet UL nach **Tabelle 2**, mit Auswirkungen auf den Einsatz, zwischen „Listed Industrial Control Equipment“ und „Recognized Component Industrial Control Equipment“, mit unterschiedlichen Kennzeichen.

Mitwirkung der Verarbeiter und Betreiber approbierter Komponenten

In Europa kennt man sogenannte Errichtungsnormen, wie z.B. die IEC / EN 60 204-1 [5] (Elektrische Ausrüstung von Maschinen), die anwendungsabhängige Auflagen enthalten, die der Komponenten-Hersteller nicht (alleine) sicherstellen kann. Hier liegt die Verantwortung zum Teil bei den Projektoren, Schaltanlagenbauern, Installateuren oder Anlagenbetreibern.

Eine derartige Verantwortungsteilung ist auch in Nordamerika und im Zusammenhang mit den Approbationen zu beachten. Ein Motorschutzschalter PKZM0 ist als Komponente UL- und

CSA-approbiert. Das ist eine wichtige, aber nicht die einzige Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz in Nordamerika. Motorschutzschalter dürfen in Nordamerika nicht für alle Anwendungen eingesetzt werden, für die sie sich in der IEC-Welt millionenfach erfolgreich bewährt haben, z. B. dürfen sie ausschließlich für das Schalten und Schützen gegen Überlast von Motoren eingesetzt werden. Das muss man wissen und beachten. Eaton Moeller will mit dieser Information dazu beitragen, dass die approbierten Produkte in den unterschiedlichen Applikationen richtig eingesetzt werden.

Anforderungen unterschiedlicher Vertriebswege an approbierte Schaltgeräte

Für die Produkte von Eaton Moeller gibt es zwei wesentliche Vertriebswege für approbierte Schaltgeräte:

- **den Direktvertrieb in Nordamerika**
 - **für den Einsatz in Nordamerika**

Hierfür werden unbedingt approbierte Geräte benötigt. Allerdings waren approbierte IEC-Geräte in vielen Fällen nur einen Kompromiss gegenüber den in Amerika bevorzugten NEMA-Baugrößen ¹¹. Das erschwerte das Geschäft, das jetzt aber durch die Power von Eaton gepusht wird. Es gibt bemerkenswerte Anwendungen, in denen die geringere Baugröße und die schmelzsicherungslosen oder zumindest schmelzsicherungsarmen Lösungen von Eaton Moeller gute Absatzchancen erreicht haben. Aus diesen Anwendungen und Kundenkontakten fließt sehr viel praktische Einsatzerfahrung nach Deutschland in die Entwicklungsabteilungen zurück.

- **für den Export aus Nordamerika**

Für diese Applikationen sind zunehmend IEC-Geräte mit ihren Vorteilen durch die kompakten Abmessungen gefragt bzw. unumgänglich. Besonders, wenn die Schaltanlagen nach IEC/EN-Standards gebaut und exportiert werden. Für dieses Segment sind die approbierten Geräte von geringerer Bedeutung. Aber es besteht auch ein zunehmendes Interesse der nordamerikanischen Exporteure, Geräte einzusetzen,

Eaton Moeller Typenzusatz zum Bestelltyp	Art der vorhandenen Approbation	Approbationszeichen	
-NA	Das Gerät ist als Einzelgerät UL- und CSA-approbiert		
-CNA	Das Gerät hat bei UL eine Approbation als Komponente (Recognized Component), bei seinem Einsatz müssen die Zulassungsbedingungen (Tabelle 2) eingehalten werden. Das Gerät ist bei CSA als Einzelgerät certified.		

Tabelle 1: Eaton Moeller verwendet die bei UI gebräuchlichen Approbationsvarianten und unterscheidet sie bei den Typen und auf den Leistungsschildern der Geräte. Siehe auch Tabelle 2. CSA kennt keine Recognized Components.

Listed Industrial Control Equipment ohne Einschränkungen	Recognized Component Industrial Control Equipment z.T. mit Einschränkung
<ul style="list-style-type: none"> • Geräte zugelassen für „field wiring“ • „factory wiring“ ist in „field wiring“ eingeschlossen d.h. <ul style="list-style-type: none"> – geeignet für den nachträglichen Einbau in Steuerungen, die werksseitig oder in Werkstätten komplett verdrahtet wurden – der Verkauf von Einzelgeräten ist in den USA zulässig 	<ul style="list-style-type: none"> • Geräte sind als Bausteine zugelassen für „factory wiring“ d.h. <ul style="list-style-type: none"> – Geräte, die den Einsatzbedingungen entsprechend von qualifiziertem Personal ausgewählt wurden – für den Einbau in Steuerungen, die werksseitig oder in Werkstätten von fachlich geschultem Personal komplett projektiert, verdrahtet und geprüft werden – Es sind besondere Bedingungen an die Verarbeitung / Kombination zu beachten („Condition of Acceptability, CoA“), die sich aus den Produktstandards ergeben.
Kennzeichnung: 	Kennzeichnung: 

Tabelle 2: Bei UL, dem dominierenden NRTL, wird bei den Industrieschaltgeräten nach UL 508 unterschieden zwischen „Listed Industrial Control Equipment“ und „Recognized Component Industrial Control Equipment“. Andere NRTLs prüfen z. T. ausschließlich komplette Endprodukte

¹¹ NEMA = National Electrical Manufacturers Association (www.nema.org)

die sowohl in Europa und in der IEC-Welt, sowie in Nordamerika akzeptiert werden. Ein wichtiges Verkaufsargument für Geräte für den Export nach Europa ist es, dass die Geräte von Eaton Moeller, auch das CE-Zeichen¹² tragen.

• Export aus IEC-Ländern nach Nordamerika

Dieser Vertriebsweg ist wesentlich umsatzstärker, als der Direktvertrieb in Nordamerika. Der Export von Europa aus erfolgt für Eaton Moeller als indirekter Export in Verbindung mit Maschinen und Anlagen, die beispielsweise in Deutschland oder Europa gebaut werden. Deshalb unterstützt Eaton Electric die Kunden aus den Segmenten Maschinen- und Anlagenbau und aus dem Schaltanlagenbau besonders intensiv. Die exportierenden Maschinenbau-Firmen sind daran interessiert, entweder (Serien-) Maschinen mit einer einheitlichen elektrischen Ausrüstung zu bauen, die möglichst weltweit einsetzbar ist oder mit einer elektrischen Ausrüstung, die nur in möglichst wenigen Detailpunkten für den Export nach Amerika variiert werden muss. Amerikanische Maschinen-Einkäufer schätzen in diesen Fällen nicht nur das europäische Maschinenbau-Know-how, sondern sie wissen auch die Vorzüge der europäischen Elektroausrüstung zu schätzen. Ein wichtiges Merkmal sind hierbei vor allem die schmelzsicherungslosen Lösungen. Für den Export sind Schaltgeräte empfehlenswert, die in einer Ausführung sowohl an 50 Hz-, als auch an 60 Hz-Netzen betrieben werden können. Spannungsunterschiede gleicht man mit Anpasstransformatoren aus. Für den Export wird das umfangreiche und traditionelle Approbations-Know-how von Eaton Moeller sehr geschätzt. Hier geht es darum, dass die elektrotechnische Ausrüstung, mit dem europäischen Know-how so gebaut wird, dass sie ohne Beanstandungen durch die Inspektoren in Nordamerika in Betrieb genommen werden kann. Dies ist das größte Einsatzgebiet approbierter IEC-Geräte, wie sie unter den Namen Klöckner- Moeller oder Moeller bereits seit Jahrzehnten erfolgreich produziert wurden. Durch die nordamerikanische Organisation von Eaton kann nun für die Produkte von Eaton Moeller in Nordamerika noch besser Service geleistet und bei Bedarf

Gerätearten in Nordamerika	
Geräte für die Energieverteilung <i>(Distribution Equipment)</i>	Industrieschaltgeräte <i>(Industrial Control Equipment)</i>
z.B. UL 489, UL 98, UL 248 und CSA-C22.2 No.4, CSA-C22.2 No. 5-09, CSA-C22.2 No. 248	UL 508, UL 60947 und CSA-C22.2 No.14-05
<ul style="list-style-type: none"> • Leistungsschalter (UL 489) • Trennschalter (UL 489) • Lasttrennschalter (UL 98) • Sicherungslasttrenner (UL 98) • Sicherungen (UL 248) <p>UL... ≙ CSA...</p> <p>UL 98 ≙ CSA-C22.2 No. 4</p> <p>UL 248 ≙ CSA-C22.2 No. 248</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Leistungsschütze • Hilfsschütze • Motorschutzrelais • Motorschutzschalter • Nockenschalter • Befehlsgeräte und Positionsschalter • Elektronische Geräte und Systeme • Freiprogrammierbare Steuerungen¹⁾
<p>besondere Anforderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diese Geräte müssen in ihrer Bauart sehr robust sein und sie müssen größere Spannungsabstände als die übrigen Schaltgeräte besitzen: (für 301...600 V: 1 Zoll Luftstrecke, 2 Zoll Kriechstrecke im Anschlussraum) • Zulässige Temperaturerhöhung geringer (50 statt 70 °C) • Bauart normalerweise größer als bei IEC-Geräten • In Schaltanlagen zur Energieverteilung (Switchgear, Switchboards, Panel boards) dürfen für die Einspeisung und für die Abgänge nur diese Geräte verwendet werden. • Darüber hinaus werden sie aber auch in Industriesteuerungen als Hauptschalter oder Schutzschalter eingesetzt. • Die Prüfvorschriften für diese Geräte werden besonders streng gehandhabt und die laufende Fertigung unterliegt einer regelmäßigen Kontrolle durch Inspektoren der Prüfbehörden. • Zusätzlich turnusmäßige, vierteljährliche Re-Examination-Prüfungen • Die Typprüfungen für Leistungsschalter mit UL- und CSA-Approbation gehören zu den schärfsten Prüfungen in der Welt. 	<p>besondere Anforderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diese Geräte sind kleiner in ihrer Bauart und die Spannungsabstände sind nicht so groß wie bei Geräten zur Energieverteilung. • Diese Industrieschaltgeräte werden vorwiegend eingesetzt in elektrischen Steuerungen, in Motorstromkreisen und Verbraucherstromkreisen jeglicher Art, in Motorstarterverteilungen (MCC) und zur Ergänzung in Anlagen für die Energieverteilung. • Sie können in Steuerungen direkt mit Geräten zur Energieverteilung kombiniert werden, z.B. mit Leistungsschaltern als Hauptschalter oder in einem Motorabgang. • Auch hier wird die laufende Fertigung von Inspektoren der Prüfbehörden kontrolliert; die Kontrollbestimmungen sind hier jedoch nicht so weitgehend wie bei den Leistungsschaltern. • Tendenziell näher an IEC-Lösungen.

1) in Kanada nach CSA-C22.2 No. 142-M1987, ab 2012: CSA-C22.2 No. E61131-2.

Tabelle 3: Unterscheidung zwischen Gerätearten in Nordamerika nach den nordamerikanischen Normen, z. B. nach UL 489 [6] und CSA-C22.2 No. 5-09 [7] für Leistungsschalter, bzw. nach UL 508 [8] und CSA-C22.2 No. 14-05 [9] für Industrieschaltgeräte.

auch das Ersatzteilgeschäft übernommen werden.

Gerätearten in Nordamerika

In den USA und in Kanada unterscheidet man, entsprechend **Tabelle 3**,

zwischen Geräten zur Energieverteilung (Distribution Equipment) und Geräten zum Schalten und Schützen von industriellen Verbrauchern (Industrial Control Equipment). Für diese Gerätearten gelten unterschiedliche Normen, mit unterschiedlichen Anforderungen an

¹² CE = Conformité Européenne, diese Kennzeichnung ermöglicht einen uneingeschränkten Einsatz dieser Geräte im europäischen Wirtschaftsraum

die Geräte. Es ist wichtig, diese Teilung zu beachten, um im weiteren Verlauf dieser Erläuterung, die abweichende nordamerikanische Betrachtungsweise der Begriffe „Motorschutzschalter“ und „Leistungsschalter“ nachvollziehen zu können. Die beiden Gruppen der Standards werden im folgenden Text noch mehrfach erwähnt.

Motorschutzschalter oder Leistungsschalter?

Der Begriff „Motorschutzschalter“ wurde von Klöckner-Moeller geprägt. Der Typ PKZM... von Eaton Moeller wird häufig bei Elektropraktikern als Synonym für Motorschutzschalter vieler Fabrikate benutzt. Moeller oder früher Klöckner-Moeller fertigt diese Schalter bereits seit 1932. Wettbewerber nutzen für derartige Geräte entweder ebenfalls den Begriff „Motorschutzschalter“ oder sie sprechen, unabhängig von der Stromstärke, immer von „Leistungsschaltern“.

Den Begriff „Motorschutzschalter“ findet man nicht direkt in den Gerätenormen und IEC-Richtlinien. Man versteht darunter einen kleinen, 3-poligen, üblicherweise handbetätigten Schutzschalter, für Stromstärken bis etwa 63 A, der für den Schutz elektrischer Motoren optimiert wurde. Nach den Klassifikationen der internationalen Normen gehört er zu der Gruppe der „stromabhängig, thermisch verzögerten Überlastschutteinrichtungen“. Die Normen kennen Überlastrelais (mit Relaisausgang) oder Überlastauslöser, die bestimmungsgemäß auf ein Schaltschloss und dadurch auf die Hauptstromkontakte eines Schalters wirken. Diese Hauptstromkontakte werden auch für das gelegentliche betriebsmäßige Schalten von Motoren verwendet. Ist ein häufiges betriebsmäßiges Schalten erforderlich, kombiniert man den Motorschutzschalter mit einem oder mehreren Schützen. Die erwähnte Optimierung für den Motorschutz besteht im Wesentlichen aus der Phasenausfallempfindlichkeit nach IEC / EN 60 947-4-1 [1] und der Fähigkeit auch AC-4 Ströme ohne Auslösungen für die Dauer des Motoranlaufs führen zu können. Eine generelle Phasenausfallempfindlichkeit wäre für die typischen Leistungsschalteranwendungen in der Energieverteilung, mit betriebsmäßig unsymmetrischen Belastungen der Phasen, hinderlich, da sie zu Fehlauflösungen führen würde. Für Stromstärken oberhalb des Motorschutzschalterangebotes bietet Eaton Moeller Leistungsschalter wahlweise mit oder ohne Phasenausfallempfindlichkeit an.

Motorschutzschalter von Eaton Moeller beinhalten, entsprechend der internationalen Richtlinien IEC / EN 60 947-1 [10] und IEC / EN 60 947-2 [11], zusätzlich zur Überlastschuttfunktion noch magnetische Schnellauslöser für den Kurzschlusschutz, sowie Trenner-Eigenschaften. Nach den Anforderungen der IEC / EN 60 204-1 [5] erfüllen Motorschutzschalter mit den angebotenen Zusatzausrüstungen auch noch zusätzlich die Hauptschalter-Eigenschaften. Diese Kurzschlusschutzfunktion, die Trenner-Eigenschaften und die Hauptschaltereigenschaften werden in Nordamerika nur eingeschränkt anerkannt (Erläuterungen, siehe weiter unten).

Nordamerikanische Leistungsangaben für Industrieschaltgeräte

Ähnlich wie es nach IEC- und nationalen Richtlinien „Gebrauchskategorien für Niederspannungs-Schaltgeräte“ gibt (AC-1, AC-3, AC-4 usw.), hat man auch in den USA und in Kanada für die unterschiedlichen „Arten zu schaltender Lasten“ „Gebrauchsarten“ für Industrieschaltgeräte definiert. Jeder „Gebrauchsart“, ist entsprechend **Tabelle 4**, eine „Last-Kennzeichnung“ zugeordnet, die auf dem Leistungsschild des Geräts bzw. in den technischen Daten zum Gerät im Katalog erscheint und damit seinen Verwendungszweck bestimmt.

Für den Export nach Nordamerika sind unbedingt die nordamerikanischen Leistungsdaten einzuhalten, die zum Teil gegenüber den IEC-Daten reduziert sein können.

Abnahme durch Inspektoren

Neben einer unvollständigen Kenntnis der nordamerikanischen Richtlinien seitens europäischer Exporteure, führt auch eine Unsicherheit amerikanischer Inspektoren zu Missverständnissen und Verzögerungen. Die Inspektoren (AHJ, Authorities Having Jurisdiction) sind als „Beamte“ gegenüber den Stadtverwaltungen für die gutachterliche Beurteilung aller elektrischen Anlagen nach dem NEC verantwortlich. Die Abnahme durch die Inspektoren kann Einfluss haben auf die Belieferung mit Elektrizität durch die Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen und auf den Abschluss von Versicherungen.

Nach den Bestimmungen des NEC müssen die meisten Komponenten mit den Zeichen „labeled“ (gekennzeichnet) sein, die die Prüfbehörden (NRTL – Nationally Recognized Testing Laboratories), wie z.B. UL, in Abhängigkeit von der Art der Zulassung erlauben. Die Inspektoren legen bei den Abnahmen großen Wert auf durch approbierte Anlagen und Komponenten, weil dadurch ihr Abnahme-Risiko minimiert wird. Diese Gesichtspunkte gelten ana-

Arten der zu schaltenden Last (Gebrauchsarten)		
	Last	Last-Kennzeichnung, Angabe auf dem Leistungsschild
1)	Motors (Motoren)	Horsepower (HP)
2)	Coils (Spulen in Hilfs- und Steuerstromkreisen)	Coils: Volts, Frequency Control Circuit Contacts: Standard Pilot Duty or Heavy Pilot Duty. (Spulen: Spannung/Frequenz, Hilfskontakte: normale Schaltleistung oder hohe Schaltleistung)
3)	Resistance (heating) (Widerstand, Heizung)	Amperes, Resistance only (A, nur Widerstand)
4)	Incandescent lamps (Glühlampen)	Amperes or Watts, tungsten (A oder Watt, Wolfram-Glühfaden)
5)	Ballast (electric discharge lamps) (Drosseln, elektrische Entladungslampen)	Amperes, ballast (A, Drosseln)
6)	General Use * (Allgemeine Verwendung)	Amperes (A)
	* Die Gruppe „General use“ gilt für allgemeine Anwendung und entspricht der IEC-Kategorie AC-1.	

Tabelle 4: Arten der zu schaltenden Last (Gebrauchsarten)

log auch für Kanada. Vielleicht kommt es auch vor, dass sie ausländischen Produkten gegenüber etwas kritischer sind und vielleicht gibt es auch eine persönliche Bandbreite eines Ermessensspielraums. Sie achten sehr stark auf das Vorhandensein der Approbationszeichen auf den Komponenten, die Einhaltung der zulässigen, zum Teil eingeschränkten, technischen Daten und auf eine „möglichst amerikanische“ Anlagenstruktur. Es kann Exporteuren nur dringend geraten werden, es vorbeugend mit der Einhaltung der nordamerikanischen Bestimmungen sehr genau zu nehmen, da Beanstandungen durch die Inspektoren zu allergrößten Unannehmlichkeiten führen können.

Im Rahmen ihrer Firmenphilosophie „mehr als Produkte“, bietet Eaton Moeller Beratung und Kundenseminare zur Thematik der Approbationen für den nordamerikanischen Markt an. Mitarbeiter der Eaton Electric GmbH stellen gerne die notwendigen Kontakte her.

Wichtiger Leitfaden für die Abnahme durch die Inspektoren ist das Diagramm (430-1) aus dem NEC (**Bild 1**). Dieses Bild ist auch der Leitfaden für die weiteren Erläuterungen.

Grundsätzlich werden für alle fernschaltbaren Motorschaltkreise die 4 Grundfunktionen:

- Trennen (Hauptschalter)
- Kurzschlusschutz
- betriebsmäßiges Schalten (Schütz)
- Überlastschutz

verlangt. Der wesentliche Unterschied in der Bewertung ist, dass die handelsüblichen, europäischen Motorschutzschalter, wie PKZM oder ähnliche Geräte, auch wenn sie für die nachfolgend erläuterten „Gruppenschutz“ gelistet sind, in Amerika als „Manual Motor Controllers“ lediglich die Überlastschutzfunktion erfüllen können. Geräte dieser Bauart werden von den Inspektoren nicht als Kurzschlusschutzorgane anerkannt (Ausnahmen sind später: UL 508 Type E und Type F).

Gruppenabsicherung nach NEC, Artikel 430-53 und CEC Part 1, Rule 28-206 („group-protection“)

Beim Einsatz eines Motorschutzschalters *PKZM* in einem nordamerikanischen Motorstarter müssen die Trenner- und die Kurzschlusschutzfunktion von einem Vorschaltenschutzorgan übernommen werden. Das ist entweder ein approbierter Leistungsschalter (Distribution Equipment nach UL 489, CSA-C22.2 No. 5-09) oder es sind Sicherungen. Diese Vorschaltenschutzorgane werden separat angeordnet.

Für die nordamerikanische Heizungs- und Klimaanlage-Industrie wurde für Hochhäuser die Gruppenabsicherung in den NEC aufgenommen. Unter Gruppenschutz versteht man in Amerika ein Kurzschlusschutzorgan, das mehrere nachgeordnete Schütze plus Überlastschutzorgane, sowie mehrere Motoren gegen Kurzschlussströme schützt. Diese Regel lässt sich auch anwenden, wenn der Motorschutzschalter *PKZ* als

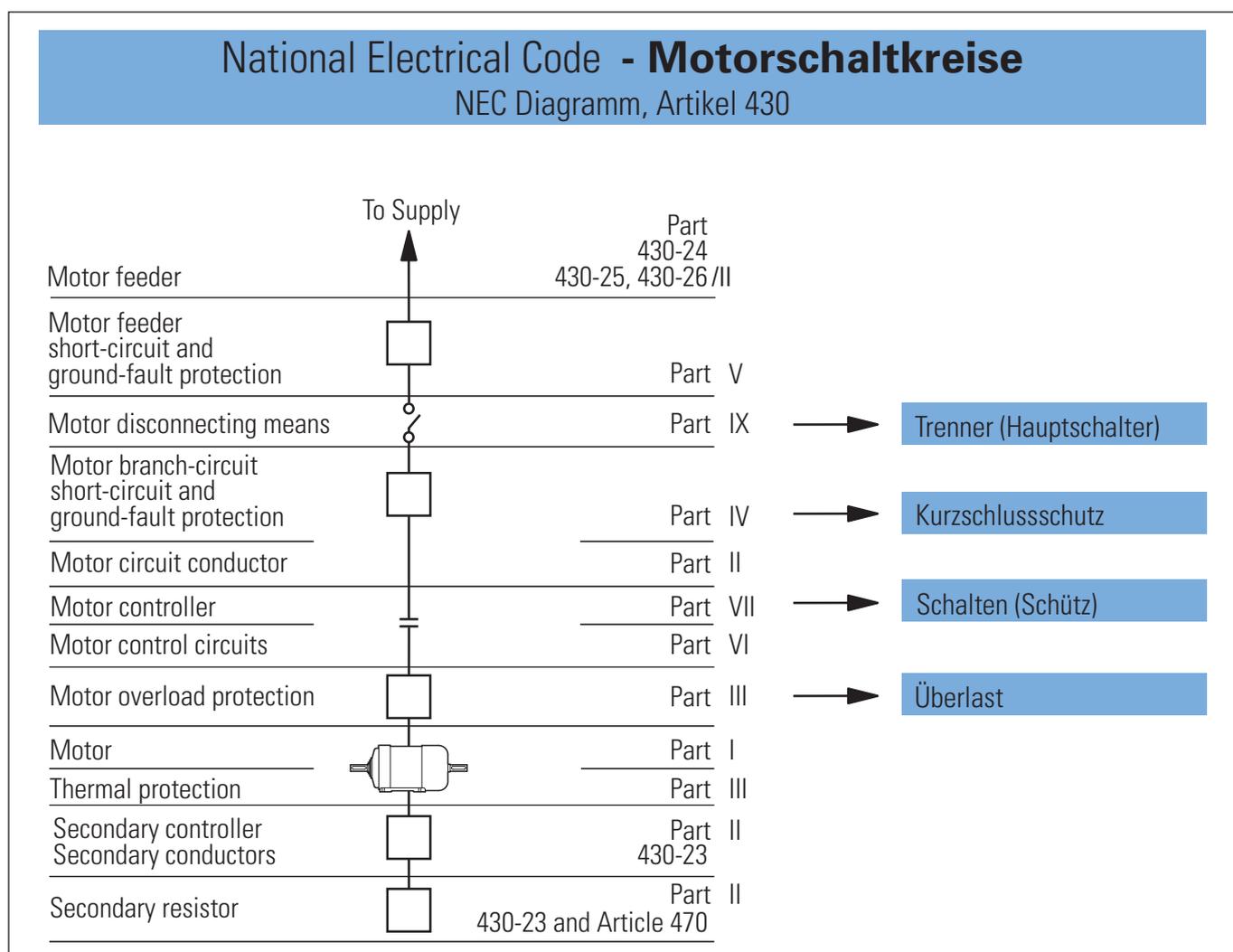


Bild 1: Das Bild 430-1 aus dem National Electrical Code zeigt die wichtigen Bestandteile von Motorschaltkreisen. Die unterschiedlichen internationalen und nordamerikanischen Definitionen der Begriffe können Ausgangspunkte für viele Missverständnisse und Probleme bei Abnahmen durch nordamerikanische Inspektoren werden. Ein ähnliches Bild beinhaltet auch der CEC.

Überlastschutz, bzw. als handbetätigter Schalter mit Überlastschutzfunktion eingesetzt wird.

Die Schütze und die Überlastschutzgeräte, in diesem Fall z.B. der Motorschutzschalter *PKZM0*, müssen für den Einsatz in „Group Installations“ zugelassen sein. Alle Motorschutzschalter der Produktreihen *PKZM0*..., *PKZM4* und *PKZ2/ZM*... [12] besitzen diese Zulassung für den Schutz durch ein gemeinsames Vorschaltorgan [13]. Aus europäischer Sicht würde man

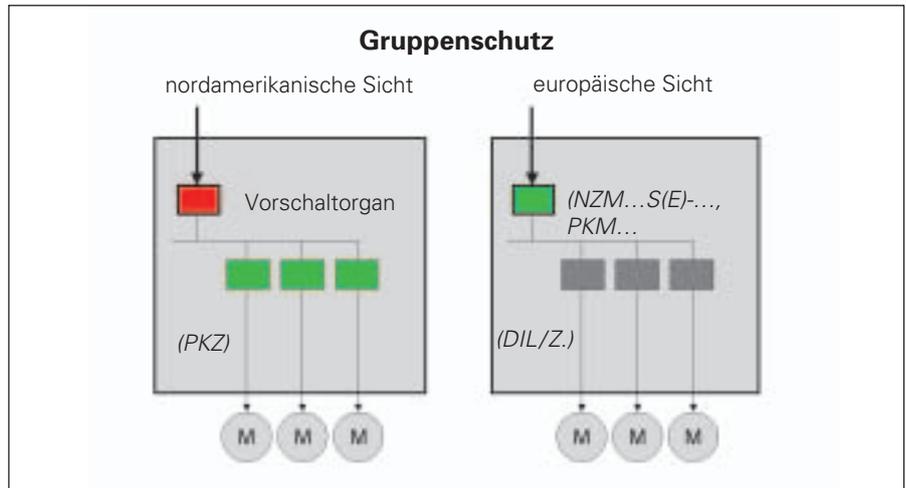


Bild 2: Durch unterschiedliche Auslegungen des Begriffs „Gruppenschutz“ können Missverständnisse entstehen.

13 Für den neuen elektronischen Motorschutzschalter *PKE* waren zum Zeitpunkt des Drucks alle Approbationsverfahren eingeleitet.

Short Circuit Current Ratings für Einzelschutz, Gruppenschutz, Tap Conductor Protector, UL 508 Type E und UL 508 Type F									
Typ	Überlastauslöser [A]	Schütz	Zubehör	SCCR		Fuse max.		Circuit Breaker max.	
				[kA]	[kA]	[A]	[A]	[A]	[A]
1. Motorschutzschalter plus Einzel-Vorschaltorgan oder Vorschaltorgan bei Gruppenschutz				480 V	600 V	480 V	600 V	480 V	600 V
<i>PKZM0</i> ...	0,1 - 6,3	-	-	50	50	600	600	600	600
<i>PKZM0-10</i>	6,3 - 11	-	-	30	30	600	600	600	600
<i>PKZM0</i> ...	9 - 12			65	18	600	600	600	600
<i>PKZM0</i> ...	10 - 16	-	-	10	10	150	150	125	125
<i>PKZM0</i> ...	10 - 16		plus <i>CL-PKZ0</i>	50	50	600	600	600	600
<i>PKZM0</i> ...	16 - 25	-	-	10	10	150	150	125	125
<i>PKZM0</i> ...	16 - 25	-	plus <i>CL-PKZ0</i>	18	18	600	600	600	600
<i>PKZM0</i> ...	24 - 32	-	-	18	10	600	600	150	125
<i>PKZM0</i> ...	24 - 32	-	plus <i>CL-PKZ0</i>	18	18	600	600	600	600
<i>PKZM4-50</i>	bis 52	-	-	65	42	600	600	600	600
<i>PKZM4-58</i>	bis 56	-	-	65	42	600	600	600	600
<i>PKZM4-63</i>	bis 58	-	-	65	42	600	600	600	600
2. Tap Conductor Protectors suitable in Group Installations				480 Y/277 V*	600 Y/347 V*				
<i>PKZM0</i> ...	bis 11			50	50	Der maximale Sicherungs- oder Leistungsschalternennstrom ergibt sich aus der 10:1 Regel			
<i>PKZM0</i> ...	bis 16			42	18				
<i>PKZM0</i> ...	bis 32			18	-				
<i>PKZM4</i> ...	bis 40	-	-	65 **	25				
<i>PKZM4</i> ...	bis 58	-	-	65	-				
3. UL 508 Type E-Starter				480 Y/277 V*	600 Y/347 V*				
<i>PKZM0</i> ...	0,1 - 10	-	plus <i>BK25/3-PKZ0-E</i>	65	50	-	-	-	-
<i>PKZM0</i> ...	10 - 12			65	-	-	-	-	-
<i>PKZM0</i> ...	12 - 16	-		42	-	-	-	-	-
<i>PKZM0</i> ...	16 - 27	-		18	-	-	-	-	-
<i>PKZM4</i> ...	10 - 40	-	plus <i>BK50/3-PKZ4-E</i>	65	25	-	-	-	-
<i>PKZM4</i> ...	bis 58	-		65	-	-	-	-	-
4. UL 508 Type F-Starter				480 Y/277 V*	600 Y/347 V*				
<i>PKZM0</i> ...	0,1 - 10	<i>DILEM</i> ,	plus <i>BK25/3-PKZ0-E</i>	50	50	-	-	-	-
<i>PKZM0</i> ...	10 - 12	<i>DILM7, 9, 12</i>		65	-	-	-	-	-
<i>PKZM0</i> ...	12 - 15	<i>DILM15</i>		50	-	-	-	-	-
<i>PKZM0</i> ...	15 - 27	<i>DILM17, 20, 25, 32</i>		18	-	-	-	-	-
<i>PKZM4</i> ...	10 - 40	<i>DILM32, 40</i>	plus <i>BK50/3-PKZ4-E</i>	65	50	-	-	-	-
<i>PKZM4</i> ...	bis 58	<i>DILM65</i>		65	-	-	-	-	-

* starr geerdetes Sternnetz ** Prüfungen bestanden

Stand: März 2010

Tabelle 5: Maximale Dimensionierung der Vorschaltsicherungen oder der Leistungsschalter und maximale Kurzschlussströme für den Gruppenschutz nach NEC, Artikel 430-53 und CEC Part 1, Rule 28-206. *PKZM0* mit und ohne *CL-PKZM0*.

unter Gruppenschutz verstehen, dass ein Schutzschalter mehrere Verbraucher schützt, z.B. mehrere Schütze mit Überlastrelais (**Bild 2**).

• **Auswirkungen der Gruppenabsicherung auf die Leitungsquerschnitte im Motorstromkreis**

Auch nach europäischen und internationalen Normen gibt es eine Zuordnung zwischen Leitungsquerschnitten und Kurzschlusschutzorganen. Es ist lediglich in engen Grenzen zulässig, Leitungsquerschnitte hinter einem Kurzschlusschutzorgan wesentlich zu reduzieren, weil die vorgeschalteten Schutzorgane dann für die reduzierten Leitungsquerschnitte überdimensioniert sind. Dieser Gesichtspunkt gilt auch nach den nordamerikanischen Normen. Bei der Gruppenabsicherung darf das Verhältnis zwischen dem Zuleitungsquerschnitt und dem Querschnitt der Abgangsleitungen das Verhältnis 3:1 nicht überschreiten (**Bild 3**). Einschränkungen bezüglich der Querschnitte der Abgangsleitungen ergeben sich auch, wie später beschrieben, bei dem Einsatz der „Tap Conductor Protectors“. Der später beschriebene „Tap Conductor Protector“ stellt teilweise eine Alternative zum „Type E Self-Protected Combination Motor Controller“ dar. Die Leitungsdimensionierung muss immer konform mit dem NEC/CEC erfolgen. Es sind neben einer eingeschränkten Leitungslänge u. U. eine Reihe weiterer Faktoren (z. B. für Kabelhäufungen oder Umgebungstemperaturen usw.) zu berücksichtigen.

Beispiele gängiger Kombinationen in Motorschaltkreisen

Die **Tabelle 6** stellt die Bewertung verschiedener, gängiger Gerätekombi-

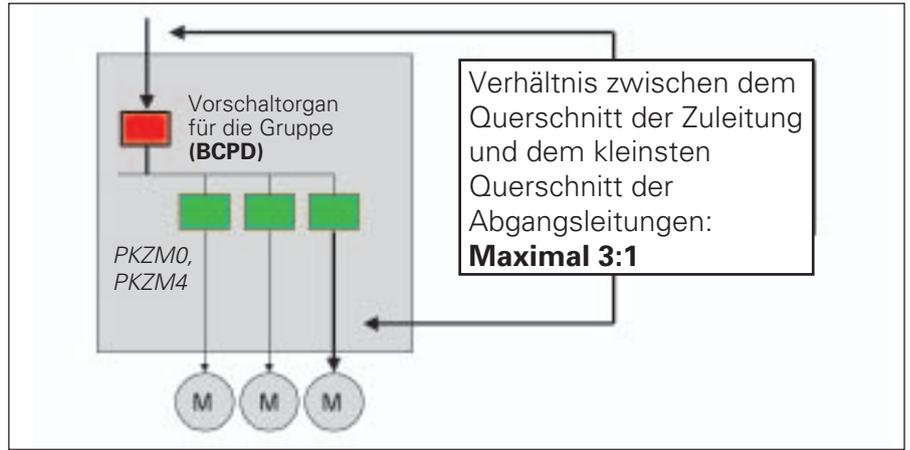


Bild 3: Maximales Verhältnis zwischen den Querschnitten der Zuleitung und der Abgangsleitungen bei einer Gruppenabsicherung.

nationen für Motorschaltkreise, nach den Gesichtspunkten aus **Bild 1** (NEC-Bild 430-1) dar.

Weitere amerikanische Besonderheiten im Zusammenhang mit gekapselten Komponenten

Internationale IP xx-Schutzarten von Gehäusen werden von den Inspektoren nicht anerkannt. Entweder auf den Geräten oder in den Produktdokumentationen muss eine nordamerikanische Schutzart, in der Form NEMA xx bzw. jetzt bevorzugt als zertifizierter UL/CSA Type xx, nach NEC 430-110.20 / CEC angegeben werden. Bei der Installation werden Einzeladern in Rohre (Conduits) eingezogen. Diese Conduits, die in verschiedenen Größen (Trade Sizes) angeboten werden, werden leitend mit den Gehäusen verbunden. Europäische PG-Verschraubungen¹⁴ oder metrische Conduits sind unbekannt. Deshalb bietet Eaton Moeller beispielsweise die

¹⁴ Panzerrohr-Gewinde

Isolierstoffgehäuse *CI-K2-PKZ0-NA-G(R)* (V) ohne Vorprägungen für Verschraubungen an. Bohrmarkierungen für kundenseitige Bohrungen sind vorhanden. Eine leitende Verbindung zwischen eingehenden- und ausgehenden Rohren muss sichergestellt werden.

Sofern Sicherungen eingesetzt werden, müssen ausschließlich die üblichen nordamerikanischen Sicherungstypen verwendet werden. Das Verdrahtungsmaterial von Kombinationen muss für Nordamerika approbiert sein, die Verdrahtungsfarben und die verwendeten Querschnitte müssen den nordamerikanischen Standards entsprechen.

Grundsätzliche Erläuterungen zu Schaltgeräten für den nordamerikanischen Markt

Da es unterschiedliche Bewertungen und Einsatzmöglichkeiten für Niederspannungsschaltgeräte nach nordamerikanischen oder internationalen Richtlinien gibt, werden nordamerikanischen Einsatzmöglichkeiten kurz vorgestellt.

UL- / CSA-approbierte Geräte und Kombinationen	nach NEC 430-1 ,			
	Part IX	Part IV	Part VII	Part III
	Trenner	Kurzschlusschutz	Schütz	Überlastschutz
1 Leistungsschalter <i>NZM.../ZM(A)-...-NA</i>	ja	ja	nein	nein
2 Motorschutzschalter mit Schaltantrieb (Schütz) <i>PKZ2/ZM-.../S</i>	nein	nein	ja	ja
3 Motorschutzschalter "Self Protected Combination Starter" <i>PKZ2/ZM-.../S-SP</i>	ja	ja	ja	ja
4 Leistungsschalter ohne Überlastschutzfunktion <i>NZM...-S(E)...-CNA</i> + Schütz <i>DILM</i> + Überlastrelais <i>Z</i>	ja	ja	ja	ja
5 UL 508 Type F Combination Starter <i>PKZM0 + BK25/3-PKZ0-E + DILM</i>	ja	ja	ja	ja

Tabelle 6: Bewertung verschiedener Motorschutz-, Leistungsschalter-Kombinationen europäischer Bauart, wie sie nach den Gesichtspunkten aus NEC 430-1 (Bild 1) zu beurteilen sind. Die Besonderheiten der Kombinationen werden im Verlauf des Textes erläutert.

Die Kenntnis dieser abweichenden Einsatzmöglichkeiten ist für das Verständnis der Besonderheiten bei Motorstartern erforderlich.

In Nordamerika kennt man bei dort produzierten Elektromotoren Belastungsfaktoren (Service Factor SF). Der Einstellwert von Überlastauslösern I_r bei Motorschutzrelais, Motorschutzschaltern oder Leistungsschaltern ist in Abhängigkeit vom Service Faktor zu korrigieren. Die Korrekturmöglichkeit ist bereits bei der Auswahl des Einstellbereiches des Motorschutzgerätes zu berücksichtigen. Es gilt:

$$\begin{aligned} SF = 1,15 &\rightarrow I_r = 1 \times I_{n\text{mot}} \\ SF = 1 &\rightarrow I_r = 0,9 \times I_{n\text{mot}} \end{aligned}$$

• **Motorschütze für den nord-amerikanischen Markt**

Motorschütze sind in Nordamerika Industrieschaltgeräte (Industrial Control Equipment nach UL 508 und CSA-C22-2 No. 14-05). Der nordamerikanische Besteller verlangt entweder Motorschütze in sogenannten „NEMA-Sizes“ oder er bestellt sie zum Schalten von Motoren, für die er Leistungsangaben in HP (PS) macht. Die **Tabelle 7** stellt die Zuordnung der Leistungen und der Dauerströme zu den NEMA-Größen der Schütze dar.

– **Kombinationen „Schütz + Überstromrelais“ („Non-Combination Motor Starter“)**

– Die Zuordnung der HP-Leistungen zu den Schützen von Eaton Moel-

ler ist in der **Tabelle 8** ersichtlich. Schütze und Motorschutzrelais bilden Einheiten, die man in Nordamerika als „Non-Combination Motor Starter“ bezeichnet. Für diese Einheiten „Schütz + Überstromrelais“ macht der Nordamerikaner die gleichen Bestellangaben wie für Motorschütze. Die **Tabelle 8** zeigt, dass sich, in Abhängigkeit von den verschiedenen, üblichen Netzspannungen, bei der Verwendung der IEC-Schütze *DILM* und der Motorschutzrelais *Z* mehr Kombinationen ergeben, als es NEMA-Größen gibt. Nach **Tabelle 8** wird allerdings die Leistungsfähigkeit der Schütze besser genutzt, als bei den NEMA-Größen.

Nach europäischem Verständnis würde man diese Kombinationen (mit Motorschutzrelais!), von wenigen Ausnahmen abgesehen, fast nur in Verbindung mit Schmelzsicherungen, als Kurzschlusschutzorgane, einsetzen und dann als schmelzsicherungsbehaltete Motorstarter bezeichnen.

• **Motorschutzschalter für den nordamerikanischen Markt (Manual Motor Controllers)**

– **Motorschutzschalter PKZ**

Die Komponente Motorschutzschalter wird als Industrieschaltgerät nach UL 508 und CSA-C22.2 No.14-05 geprüft und approbiert. Die Motorschutzschalter *PKZM* sind Weltmarktgeräte. Sie verfügen über fest eingestellte (*PKZM0*, *PKZM4* und

PKE) oder einstellbare magnetische Schnellauslöser (*PKZ2*) für den Kurzschlusschutz, einstellbare Bimetall- oder elektronische Auslöser für den Motor-Überlastschutz und sie können zum Schalten in Motorstromkreisen verwendet werden. Der *PKE* verfügt neben besonders weiten Überlast-Einstellbereichen zusätzlich über einen Wahlschalter für Auslöseklassen (Class 5 bis 20). Die Hilfsschalter der Motorschutzschalter schalten Steuerstromkreise. In Nordamerika werden, nach den derzeitigen Codes und Standards, die eingebauten und funktionsfähigen Kurzschluss Schnellauslöser nicht als Kurzschlusschutzorgane anerkannt (Ausnahmen später: UL 508 Types E und F).

Motorschutzschalter werden als handbetätigte Motorstarter in Steuerungen und auch separat als gekapselte Einzelgeräte eingesetzt. In Nordamerika werden sie nach der Leistung in HP ausgewählt. Sie sind dort grundsätzlich und ausschließlich für das Schalten und Schützen von Motoren zugelassen und für keine anderen Lastarten.

Neben den Leistungsschaltern liegen bei Motorschutzschaltern die internationalen und die nordamerikanischen Ansichten bezüglich der Niederspannungsschaltgeräte noch am weitesten auseinander. Es wäre wünschenswert, dass die nordamerikanischen Standards die hohe Leistungsfähigkeit der Motorschutzschalter und ihr objektiv breiteres Einsatzspektrum anerkennen würden.

NEMA-Größen für Schütze nach NEMA ICS 2						
Drehstromschütze nach NEMA	Dauerstrom	Leistungsdaten ¹⁾				
		1-phase		3-phase		
		115 v 60 Hz	230 V 60 Hz	200 V 60 Hz	230 V 60 Hz	460 V 60 Hz 575 V 60 Hz
NEMA-Sizes (NEMA-Größen)	A	HP (PS)	HP (PS)	HP (PS)	HP (PS)	HP (PS)
00	9	1/2	1	1 1/2	1 1/2	2
0	18	1	2	3	3	5
1	27	2	3	7 1/2	7 1/2	10
2	45	3	7 1/2	10	15	25
3	90	7 1/2	15	25	30	50
4	135	-	-	40	50	100
5	270	-	-	75	100	200
6	540	-	-	150	200	400
7	810	-	-	-	300	600
8	1215	-	-	-	450	900
9	2250	-	-	-	800	1600

¹⁾ Leistungsdaten für Motoren mit einer Drehzahl, ohne Tippen, Reservieren und Gegenstrombremsen (HP ~ PS)

Tabelle 7: NEMA-Größen für Schütze mit Bezug auf die zugeordneten HP-Leistungen und Dauerströme

Motorstarterkombinationen (Non-Combination Motor Starters) DILM/Z für den Einsatz in Nordamerika

Maximale Motorleistung, 3-phasig, 60 Hz				Nenn- strom FLC A	Schütz Typ	Motorschutz- relais Typ	Maximale Kurzschlusschutzorgane für Nordamerika		
208 V (200 V) HP	240 V (230 V) HP	480 V (460 V) HP	600 V (575 V) HP				Sicherung nach CEC / NEC ¹⁾ A	Leistungsschalter Dauer- strom A	Kurzschlussaus- löser, unverzögert A
-	-	½	½	1	DILEEM	ZE-1	3	15	-
-	-	¾	1	1,4	DILEEM	ZE-1,6	6	15	-
½	½	1	1½	2,3	DILEEM	ZE-2,4	6	15	-
1	1	2	3	3,9	DILEEM	ZE-4	15	15	-
1½	1½	3	-	6	DILEEM	ZE-6	20	15	-
1½	2	-	-	6,8	DILEEM	ZE-9	35	15	-
1½	2	5	5	7,8	DILEM	ZE-9	35	15	-
1½	3	5	5	9,6	DILEM	ZE-12	45	-	-
-	-	½	½	1	DILM7	ZB12-1	3	25	200
-	-	½	1	1,4	DILM7	ZB12-1,6	6	25	200
½	½	1	1½	2,3	DILM7	ZB12-2,4	6	25	200
1	1	2	3	3,9	DILM7	ZB12-4	15	25	200
1½	1½	3	-	6	DILM7	ZB12-6	20	25	200
3	-	-	7½	9	DILM9	ZB12-10	25	25	200
3	3	5	7½	9,6	DILM12	ZB12-10	25	25	200
3	-	7½	10	11	DILM12	ZB12-12	40	25	200
5	5	10	-	15,2	DILM15	ZB12-16	40	30	320
-	-	½	½	1	DILM17	ZB32-1	3	25	200
-	-	¾	1	1,4	DILM17	ZB32-1,6	6	25	200
½	½	1	1½	2,3	DILM17	ZB32-2,4	6	25	200
1	1	2	3	3,9	DILM17	ZB32-4	15	25	200
1½	1½	3	-	6	DILM17	ZB32-6	20	25	200
-	3	5	7½	9,6	DILM17	ZB32-10	25	25	200
-	-	7½	10	11	DILM17	ZB32-12	40	30	320
5	5	10	-	15,2	DILM17	ZB32-16	40	30	320
7½	7½	15	20	22	DILM25	ZB32-24	90	100	1200
10	10	20	25	32,2	DILM32	ZB32-32	125	125	1200
-	3	5	7,5	9,6	DILM40	ZB65-10	40	40	380
-	5	10	10	15,2	DILM40	ZB65-16	60	60	760
-	7½	20	25	32,2	DILM40	ZB65-24	90	90	1200
10	10	20	30	34	DILM40	ZB65-40	125	125	1200
15	20	40	50	54	DILM50	ZB65-57	200	150	2000
20	20	50	50	63	DILM65/72	ZB65-65	200	150	2000
25	30	60	75	80	DILM80	ZB150-70	250	250	2500
25	40	75	100	104	DILM95	ZB150-100	J 400	J 400	3200
40	50	100	100	130	DILM115	ZB150-125	J 400	J 500	4000
40	60	125	125	156	DILM150/170	ZB150-150	J 600	J 600	4800
50	60	125	150	156	DILM185	Z5-160	700 CLASS L	600	7200
60	75	150	200	192	DILM225	Z5-220	700 CLASS L	600	7200
75	100	200	250	248	DILM250	Z5-250	700 CLASS L	600	7200
100	125	250	300	312	DILM300	ZW7-400	800 CLASS L	600	7200
125	150	300	400	382	DILM400	ZW7-400	800 CLASS L	600	7200
150	200	400	500	480	DILM500	ZW7-540	800 CLASS L	600	7200
-	200	400	600	480	DILM580	ZEV-XSW820	2000	-	-
-	250	500	600	600	DILM650	ZEV-XSW820	2000	-	-
-	300	600	700	700	DILM750	ZEV-XSW820	2000	-	-
-	350	700	860	860	DILM820	ZEV-XSW820	2000	-	-

1) es dürfen keine nichtamerikanischen Sicherungssysteme eingesetzt werden

Tabelle 8: Motorstarter mit Motorschutzrelais für den Einsatz in Nordamerika, mit maximalen Strömen der Schmelzsicherungen oder der Leistungsschalter nach UL 489, die als Gruppenschutzorgane ausgewählt werden dürfen.

Aus **internationaler Sicht** ist der Motorschutzschalter bereits ein kompletter, handbetätigter Motorstarter mit den Funktionen

- Hauptschalter- und Trenner-Eigenschaften
- Kurzschlusschutz
- Überlastschutz
- und betriebsmäßiges Schalten,

der mit Zusatzausrüstungen auch als Netztrenneinrichtung (Hauptschalter und u. U. NOT-AUS) eingesetzt wird. PKZM mit kleinen Stromeinstellbereichen sind eigenfest. Das heißt, ihr innerer Widerstand (der Überlast-Bimetallwicklungen) ist so hoch, dass Kurzschlussströme bis 150 kA so weit reduziert werden, dass der Schalter, auch ohne zusätzliche Kurzschlusschutzorgane, nicht zerstört wird. Diese Geräte sind gut etablierte und sehr wirtschaftliche Lösungen, an deren millionenfach bewährten Schutzfunktionen außerhalb Nordamerikas niemand zweifelt.

Aus nordamerikanischer Sicht ist dieser Motorschutzschalter lediglich ein „Manual Motor Controller“, der keine anerkannte Kurzschlusschutzfunktion besitzt. Diese Geräte benötigen, abgesehen von später erläuterten modernen Einsatzmöglichkeiten, ein vorgeschaltetes Kurzschlusschutzorgan (**Bild 4**). Das gilt auch, wenn das Gerät eigenfest ist und auch, wenn es für den Gruppenschutz approbiert ist. Diese Einstufung ist nicht etwa das Ergebnis nicht bestandener Prüfungen, sondern es liegt lediglich daran, dass von den Normen viele Jahre lang grundsätzlich separate, vorgeschaltete Kurzschlusschutzorgane verlangt wurden. Es gibt einfach kein anerkanntes Prüfverfahren, um die hervorragenden Eigenschaften der Motorschutzschalter zu beweisen. Hier sind aber inzwischen die später erläuterten Annäherungen zwischen NA-Welt und IEC-Welt eingeführt worden.

Motorschalterschalter stehen bei Eaton Moeller, für den Einsatz in Nordamerika, für Ströme bis 58 A in verschiedenen Produktreihen (PKZM0, PKZ2/ZM, PKZM4 und PKE) zur Verfügung. Durch den PKE ist eine Erweiterung des Strombereichs vorgesehen.

– **„Motorschalterschalter“ NZM...-ME...-NA, „Motor Protective Circuit Breaker“**

Es gibt natürlich auch Motoren mit größeren Betriebsströmen. In die-

sen Leistungsbereichen setzt Eaton Moeller in Nordamerika ganz neuartige „Motorschalterschalter“ NZM...-ME...-NA für den Motorschutz ein (richtige Bezeichnung: „Motor Protective Circuit Breaker“). Für Nordamerika wurden diese Schalter zunächst nach der UL 489 und CSA-C22.2 No. 5-09 als vollwertige Circuit Breakers approbiert. Sie haben zusätzlich Prüfungen der Kalibrierung der Überlastauslöser, nach UL 508, CSA-C22.2 No. 14-05, für den Motorschutz absolviert und bestan-

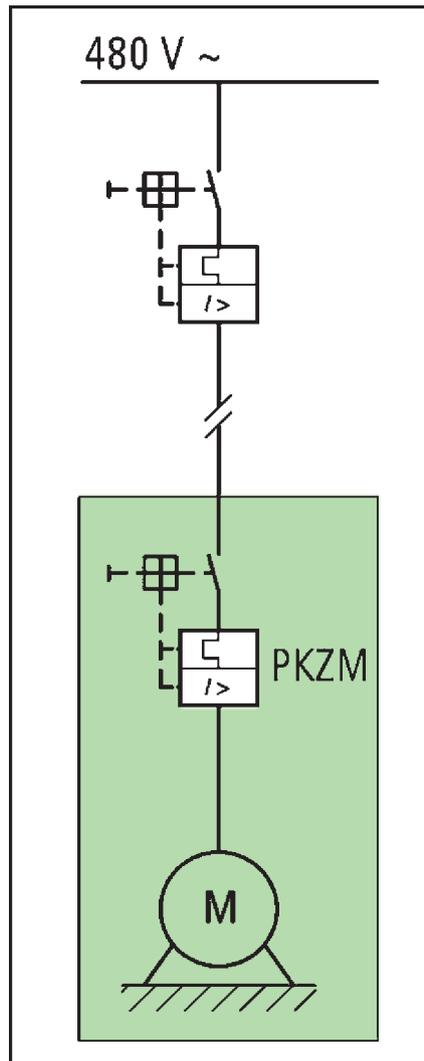


Bild 4: Motorschutzschalter, gebaut nach UL 508, z.B. PKZM0, PKZ2/ZM., PKZM4 und PKE müssen entsprechend dem NEC mit einem zusätzlichen, separat angeordneten Kurzschlusschutzorgan geschützt werden. Hierzu sind Leistungsschalter nach UL 489 geeignet. Zusammen mit dem Vorschaltenschutzorgan können diese Kombinationen universell bei geerdeten und ungeerdeten nordamerikanischen Netzformen für Full Voltages¹ eingesetzt werden.

¹ Full Voltage meint die volle Netzspannung, z.B. 480 V, im Gegensatz zur Slash Voltage, z.B. 480Y / 277 V, die in starr geerdeten Sternnetzen vorkommt.

den. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Manuskripts für diesen Aufsatz wurden die Motor Protective Circuit Breakers noch nicht in den nordamerikanischen Standards erwähnt. Diese Schalter werden mit einem Schütz kombiniert. Sie bilden dann einen 2-Komponenten-Motorstarter, während die Motorstarter in Nordamerika normalerweise aus 3 Komponenten bestehen (Leistungsschalter + Schütz + Überlastrelais).

• **Leistungsschalter für den nordamerikanischen Markt**

Leistungsschalter zählen entsprechend **Tabelle 3** zu den Geräten für die Energieverteilung (Distribution Equipment), die nach den Richtlinien UL 489 und CSA C22.2 No. 5-09 gebaut und approbiert werden, also zu den Schaltgeräten, an die in Nordamerika die höchsten Ansprüche gestellt werden. Wie Schmelzsicherungen fällt diesen Leistungsschaltern die Aufgabe zu, die Industrieschaltgeräte (Industrial Control Equipment) gegen die Auswirkungen von Kurzschlussströmen zu schützen. Sie bieten diesen Schutz z. B. durch ihren Einsatz als „Branch Circuit Protective Devices (BCPD)“ (Abgangsschutzschalter). Diese Leistungsschalter oder Schmelzsicherungen sind die exklusiven Schutzorgane für Stromkreise mit nicht-motorischen Lastarten (Alternative: Schmelzsicherungen).

Bei den hier beschriebenen Kompakt-Leistungsschaltern vom Typ NZM handelt es sich nach dem amerikanischen Sprachgebrauch, um „Molded Case Circuit Breakers“ nach UL- und CSA-Standards. Der kleinste vollwertige Molded Case Circuit Breaker von Eaton Moeller, der die gleichen Aufgaben hat, ist der FAZ...-NA¹⁵, der aus den IEC/EN Leitungsschutzschaltern entstand. Von der Größe her folgt dann der PKZM4...-CB.

– **Leistungsschalter NZM...-S(E)...-CNA (ohne Bimetall- oder elektronische Überlastauslöser)**

Die Geräte besitzen einstellbare magnetische oder elektronische Schnellauslöser für den Kurzschluss-

¹⁵ Umgangssprachlich und abweichend vom Standard wird er außerhalb Nordamerikas gelegentlich „Miniature Molded Case Circuit Breaker“ genannt.

schutz. Diese Geräte besitzen keine Bimetall- oder elektronische Überlastauslöser. Sie bieten alleine keinen Motorschutz. Im Einzelfall ist es möglich, dass die Auslöser zwar vorhanden sind, um für den Schalter-Eigenschutz stromdämpfend zu wirken. Dann wurde aber ihre Auslösefunktion unwirksam gemacht. Diese Schalter besitzen Nennstromangaben in A. Wenn sie mit Hilfsschaltern bestückt sind, verfügen diese über Angaben zu ihrer Gebrauchsart als Steuergerät (Pilot Duties). Die UL-/CSA-Standards sehen keine Aussagen zum Schaltvermögen dieser Schalter vor. Diese Angabe erfolgt erst für die geprüfte Motorstarkombination (siehe nächstes Kapitel).

Diese Schalter können bei UL lediglich als Recognized Components approbiert werden. Es sind „Conditions of Acceptability, CoA's“, zu beachten. Deshalb können die beschriebenen Leistungsschalter nicht als Einzelgeräte eingesetzt werden, sondern sie müssen stets mit einem nachgeschalteten Schütz und Motorschutzrelais zu einem später beschriebenen „Combination Motor Starter“ kombiniert werden. Bei diesen 3-Komponenten-Motorstartern schaltet das Schütz den Motorstrom betriebsmäßig, das Motorschutzrelais übernimmt die Überlastschutzfunktion und der Leistungsschalter übernimmt die Kurzschlusschutzfunktion. Diese Kombinationen ermöglichen über die getrennten Hilfsschalter von Überlastrelais und Leistungsschalter die getrennte Anzeige des Anlasses einer Auslösung, durch einen Überlast- oder einen Kurzschlussstrom. Um diese getrennte Signalisierung zu erreichen oder auch bei einem Motor-Schweranlauf werden derartige Kombinationen auch in der IEC-Welt eingesetzt.

In Nordamerika werden solche Kombinationen in Motorstarkverteilungen (MCC) und als Einzelstarter in separaten Gehäusen eingesetzt. Die Kombinationen sind bis zur Höhe des Schaltvermögens der kompletten „Combination Motor Starters“ gegen Kurzschlussströme geschützt. Für die Höhe des Schaltvermögens der Kombination ist die Kurzschlussfestigkeit des schwächsten Schaltgerätes innerhalb der Kombination maßgeblich. Nach dem heutigen NEC müssen alle Combination Motor Starters, die mit Leistungsschaltern ohne Überlastauslöser ausgerüstet sind, „Listed Components“ sein.

– Leistungsschalter *NZM...-A(V)(E)(F)...-NA*

Diese Schalter sind in Nordamerika die typischen Schalter für Energieverteilungen, sie können jedoch auch in Motorstarkverteilungen (MCC) und in Steuerungen eingesetzt werden. Sie besitzen Nennstromangaben in A und Angaben über ihr Kurzschlusschaltvermögen in kA. Wenn sie mit Hilfsschaltern bestückt sind, verfügen sie zusätzlich über Angaben zu ihrer Gebrauchsart als Steuergerät (Pilot Duties).

Diese Geräte verfügen über einstellbare magnetische oder elektronische Schnellauslöser für den Kurzschlusschutz und auf einen festen Wert eingestellte $(-A(E)F)$ oder einstellbare Bimetall- oder elektronische Auslöser $(-A(E))$ für den Überlastschutz für *nicht-motorische* Abgangsstromkreise. Sie können aber auch als Kurzschlusschutzorgan und zum Schalten von Motorstromkreisen eingesetzt werden, wenn sie mit einem Schütz und einem Motorschutzrelais kombiniert werden. Ihre Hilfsschalter werden zum Schalten von Steuerstromkreisen verwendet. An Einbaustellen mit Kurzschlussströmen bis zu ihrem Schaltvermögen können sie ohne zusätzlich vorgeschaltetes Kurzschlusschutzorgan eingesetzt werden. In Hauptstromabgängen und in Einspeisungen sind sie als Hauptschalter einsetzbar. Die Schalter *NZM...V(E)(F)...-NA* verfügen zusätzlich über verzögerbare Kurzschlussauslöser.

– Vorteile von Leistungsschaltern gegenüber Sicherungen in nordamerikanischen Motorstromkreisen

Eine schmelzsicherungslose Projektierung mit Motorschutzschaltern und Leistungsschaltern, unter Beachtung der vorher beschriebenen Auswahlkriterien, bietet gegenüber der Verwendung von Schmelzsicherungen verschiedene technische und ökonomische Vorteile:

- ▶ In Nordamerika dürfen ausschließlich nordamerikanische Sicherungsarten bestimmungsgemäß eingesetzt werden (es werden grundsätzlich keine IEC/EN-Sicherungen akzeptiert).
- ▶ Sicherungsunterteile für einige nordamerikanische Sicherungsarten, z. B. Class R, sind sehr groß und nehmen in Steuerungen viel Platz ein.

Wenn man Sicherungen, Schütze und Motorschutzrelais untereinander anordnet, sind die Platzverhältnisse nicht optimal.

- ▶ Ein Leistungsschalter *NZM* beinhaltet in einem Gerät die Funktionen Trennen des Stromkreises, Kurzschlusschutz, Überlastschutz und Fehlersignalisierung und er ist wesentlich preiswerter und kleiner als die Kombinationen Sicherungsunterteil + Sicherungen + Bimetallrelais.
- ▶ Teilweise können in Sicherungsunterteilen falsche Sicherungselemente eingesetzt werden. Neben den Sicherungsträgern muss ein Schild angebracht werden, dem man die Kennwerte der einzusetzenden Sicherungselemente entnehmen kann.
- ▶ Exporteure klagen über lange Lieferzeiten und hohe Preise für amerikanische Schmelzsicherungen beim Einkauf in Europa.

• Handbetätigte Schalter in Motorstromkreisen

Im Zusammenhang mit Motorsteuerstromkreisen werden auch Nockenschalter *T*, Lasttrennschalter *P1* und *P3* eingesetzt. Diese Geräte stehen in approbierten Ausführungen zur Verfügung. Diese Geräte zählen in Nordamerika zu den Industrieschaltgeräten nach UL 508 und CSA-C22.2 No.14. Die Schalter *P1* und *P3* sind listed als Manual Motor Controllers, ohne Trenner-Eigenschaften. Sie können in Nordamerika in Hauptstromabgängen (Motor Branch Circuits) ausschließlich nach einem/hinter einem Branch Circuit Protective Device (BCPD) eingesetzt werden. Dadurch können sie keinen spannungsfreien Sicherungswechsel ermöglichen. Für die Schalter *P* und *T* von Eaton Moeller kommen als BCPD ausschließlich die angegebenen Sicherungen infrage. Die Schalter *P1*, *P3* und *T* dürfen nicht, wie nach IEC üblich, als Hauptschalter (Netztrenneinrichtung) in der Zuleitung (im Feeder Circuit) eingesetzt werden. Die Schalter sind zusätzlich als „Motor Disconnects“ approbiert. Dadurch können sie nach den nordamerikanischen Codes & Standards z.B. in der Nähe von Motoren als Hauptstrom-vor-Ort-Schalter (als Schalter für das amerikanische „Lock-out / Tag-out“-Verfahren nach NFPA 70E [13]) eingesetzt werden,

da diese Motorstromkreise bereits durch ein Branch Circuit Protective Device (BCPD bedeutet in diesem Fall Sicherungen) geschützt sein müssen. Wenn sie mit Hilfsschaltern versehen sind, können diese zum Schalten von Steuerstromkreisen verwendet werden.

Starter nach nordamerikanischen Normen

Es gibt in Nordamerika einerseits Begriffe in den Standards und andererseits im täglichen Gebrauch übliche, aber abweichende Begriffe. Einleitend soll die **Tabelle 9** der grundsätzlichen Erläuterung der verschiedenen, nachfolgend im Zusammenhang mit

verschiedenen Starter-Lösungen verwendeten Begriffe dienen. Der Begriff des „Non-Combination Motor Starters“ wurde bereits auf der Seite 12 benutzt. Die **Tabelle 10** vergleicht gebräuchliche Motorstarter-Lösungen in der IEC-Welt und in Nordamerika.

• Combination Motor Starters

Der Motorstarter europäischer Herkunft, der alle Geräte für den Kurzschlusschutz, Überlastschutz und zum betriebsmäßigen Schalten des Motors zusammenfasst (z.B. Leistungsschalter + Schütz + Überstromrelais), wird in Nordamerika als „Combination Motor Starter“ bezeichnet. Zusätzlich geht man dabei, abweichend von den

europäischen Definitionen, von einer gekapselten Gerätegruppe aus. Solche Motorstarter sind wie Kleinststeuerungen mit allen dazugehörigen Einzelgeräten zu projektieren. Die Auswahl der Schütze und Überstromrelais erfolgt ebenfalls nach der **Tabelle 8**.

Unterschiedliche konstruktive Lösungen für „Combination Motor Starters“

Die grundsätzliche nordamerikanische Vorstellung von Motorstartern wurde im **Bild 1** erläutert. Im **Bild 1** ist der größte Unterschied gegenüber den internationalen Lösungen optisch nicht zu erkennen, nämlich dass die Parts IX „Trenner“ und IV „Kurzschlusschutz“

Obergriff: Motor Controller		
unter „Motor Controller“ versteht man in Nordamerika:	alle Starkstromgeräte und Gerätegruppen, die zum Ein- und Ausschalten eines Elektromotors dienen, mit oder ohne Schutzfunktionen	
Bedeutung:	nur dieser Begriff wird im <i>NEC</i> erwähnt, da die <i>UL</i> -Richtlinien sich auf den <i>NEC</i> beziehen, verwenden auch die <i>UL</i> -Richtlinien überwiegend diesen Begriff, der auch Gerätegruppen einschließt	
einige Beispiele aus der Produktpalette von Eaton Moeller:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Schütze <i>DIL M</i>, ohne Schutzfunktion, 2. Motorstarterkombinationen <i>DIL / Z</i> mit Überlastschutzfunktion, 3. handbetätigte Trennschalter <i>P</i> und <i>T</i>, ohne Schutzfunktion, 4. handbetätigte Motorschutzschalter <i>PKZM0</i> mit Überlastschutzfunktion, 5. handbetätigte Motorschutzschalter <i>PKZM0-..+BK25...-E</i> (Type E-Starter) mit Überlast- und Kurzschlusschutz 	
marktüblicher Begriff: Motor Starter		
unter „Motor Starter“ versteht man in Nordamerika:	Die Teilmenge der „Motor Controller“, die als Gerät oder Gerätegruppe zusätzlich eine Schutzfunktion beinhalten	
Bedeutung:	die Anwender ziehen diese genaueren Begriffe vor	
einige Beispiele aus der Produktpalette von Eaton Moeller:	<ol style="list-style-type: none"> 1. handbetätigte Motorstarter <i>PKZM</i> und <i>PKZ</i> (Manual Motor Starter) 2. fernschaltbare Motorstarterkombinationen <i>DIL / Z</i> (Non-Combination Starter) 3. fernschaltbare Motorstarterkombinationen <i>NZM / DIL / Z</i> (Combination Motor Starter) 	
weitere Differenzierung bei Motor Startern		
ohne Schütz	mit Schütz	
	Non-Combination Motor Starter	Combination Motor Starter ¹⁾ oder Combination Motor Controller ²⁾
	<ul style="list-style-type: none"> • kein Trenner (Hauptschalter), • kein Kurzschlusschutz, diese beiden Funktionen müssen separat sichergestellt werden.	erfüllt alle 4 Funktionen nach <i>NEC</i> Bild 430-1: <ul style="list-style-type: none"> • Trenner (Hauptschalter), • betriebsmäßiges Schalten, • Kurzschlusschutz, • Überlastschutz
Beispiele aus der Produktpalette von Eaton Moeller:	<i>PKZ2/ZM + DIL M</i>	<i>PKZM0-.. + BK25/3-PKZ0-E³⁾ + DILM</i> (UL 508 Type F-Starter)

¹⁾ + ²⁾ gleichwertige Begriffe: Hersteller verwenden ¹⁾, *UL 508* verwendet ²⁾

³⁾ Manual Self-Protected Combination Starter

Tabelle 9: Erläuterungen zu den Begriffen „Motor Controller“, „Motor Starter“, „Combination Motor Controller“, „Combination Motor Starter“ und „Non-Combination Motor Starter“.

	Nordamerika		IEC-Welt		
fernbetätigbar	P2.../F...-CNA + Class H, R oder J Schmelzsicherung + DILM + Z	„Combination Motor Starter“ • Fusible Type	• Schmelzsicherung + Schütz + Überstromrelais	Motorstarter	schmelzsicherungsbehaftet
	PKZ2/ZM.../S-SP	• Self-Protected Type	• Motorschutzschalter + Schütz		
	NZM...-ME...-NA mit Zusatzprüfung nach UL 508 +DILM	• Inverse Time Circuit Breaker Type	• Leistungsschalter + Schütz		schmelzsicherungslos
	NZM...-A(E)(F), NZM...-VE(F)..-NA +DILM +Z		• Leistungsschalter + Schütz + Überstromrelais		
			• Motorschutzschalter (ohne Überlastfunktion) + Schütz + Überstromrelais		
	NZM...-S(E)..-CNA +DILM +Z	• Instantaneous Circuit Breaker Type	• Leistungsschalter (ohne Überlastfunktion) + Schütz + Überstromrelais		
≤ 2 HP und 300 V: Class CC oder J Schmelzsicherung +P1 + DILM + Z	• Fusible Type	• Schmelzsicherung + Nockenschalter + Schütz + Überstromrelais	schmelzsicherungsbehaftet		
handbetätigbar	PKZM0 PKZ2/ZM-..	„Manual Motor Controller“ oder „Manual Motor Protector“	• Motorschutzschalter	schmelzsicherungslos	
			Legende: <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> = häufig eingesetzt </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #FFFF00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> = seltener eingesetzt </div>		

Tabelle 10: Unterschiede bei den Begriffen zum Thema Motorstarter in Nordamerika und in der IEC-Welt

getrennt angeordnet werden (siehe **Bild 4**). Im Laufe der Zeit wurden die Richtlinien um verschiedene, in den internationalen Märkten etablierte konstruktive Lösungen ergänzt. Die **Tabelle 11** zeigt sie in der Reihenfolge ihrer Einführung. Die Lösungsvarianten wurden fortlaufend mit Buchstaben gekennzeichnet (z. Z. Construction Types A...F).

• **UL 508 Type E Self-Protected Combination Motor Controller**

Eine Ergänzung innerhalb der Standards UL 508 [8] bzw. CSA-C22.2 No. 14-05 [9] brachte eine Erweiterung der Klassifizierung von Combination Motor Controllers um den „Construction Type E“. In dem entsprechenden Anhang wird die Einhaltung der größeren Kriech- und Luftstrecken gemäß UL 489 [6] bzw. CSA-C22.2 No. 5-09 [7] auf der Schaltereingangsseite gefordert, um auf ein zusätzlich vorgeschaltetes Kurzschlusschutzorgan verzichten zu können (**Bild 5**). Grundsätzlich würde für diese Controller ein Basis-SCCR (Ground Fault) ausreichen. Eaton Moeller realisierte bei diesen modernen Startern aber zusätzlich hohe Short Circuit Current Ratings (SCCR). Die realisierbare Höhe

der Ratings ist spannungs- und über die Impedanz der Auslöser auch stromabhängig ¹⁶. Die „UL 508 Type E“-Starters dürfen nach den Standards ausschließlich in geerdeten Sternnetzen eingesetzt werden (z.B. für die Slash Voltage 480Y / 277 V).

Es ergeben sich durch die Anwendung des „UL 508 Type E-Starters“ folgende Vorteile:

- ▶ einfache Projektierung, da die Zuordnung zu einem (oft unbekanntem) vorgeschalteten Kurzschlusschutzorgan entfällt,
 - ▶ Platzersparnis bei der Gerätemontage,
 - ▶ die Verdrahtungsarbeiten zwischen den Komponenten entfallen,
 - ▶ geringere Gerätekosten,
 - ▶ geringere Anlagenkosten,
 - ▶ eine Annäherung an die in der IEC-Welt übliche Form des Steuerungsaufbaus.
- **Self-Protected Combination Starter PKZ2/ZM-.../S-SP**

¹⁶ Diese Geräte besitzen nach den Standards ein SCCR, statt eines Schaltvermögens (Interrupting Capacity, wie man es bei den Leistungsschaltern und Sicherungen kennt).

Der Self-Protected Combination Starter **PKZ2/ZM-.../S-SP (Bild 6)** erfüllt die „UL 508 Type E“-Anforderungen. Die UL 508 bezeichnet diese Geräte als „Self-Protected Combination Motor Controllers“. Dieser Hochleistungs-Kompaktstarter besteht aus dem Motorschutzschalter **PKZ2/ZM-...** und dem Schaltantrieb (Schütz) **/S**. Die Kombination besitzt einen integrierten Kurzschlussindikator. Nach einer Kurzschlussabschaltung und nach der Beseitigung der Kurzschlussursache ist die sofortige Bereitschaft zum Wiedereinschalten („Continuity of service“) gewährleistet. Der Motorschutzschalter **PKZ2/ZM-...** besitzt generell im Bereich der Hauptstromanschlussklemmen die geforderten großen Luft- und Kriechstrecken nach der UL 489. Wichtig für die Leistungsfähigkeit dieser „UL 508 Type E“-Starters ist in diesen Kombinationen der Hochleistungsschaltantrieb, der mit seiner Strombegrenzungsfunktion das erwünschte hohe Schaltvermögen sicherstellt. Bei Bemessungsströmen bis 27 A darf der Starter in 480Y / 277 V und in 600Y / 347 VAC Sternnetzen eingesetzt werden. Die grö-

Konstruktive Lösungen für „UL 508-Combination Motor Starters“				
Art Construction Type	Part IX Disconnect Trenner	Part IV Branch Circuit Protection Kurzschlusschutz	Part VII Motor Control Schütz	Part III Motor Overload Überlastschutz
A	Einzelgerät nach <i>UL 98 / 489</i> Molded Case Switch z.B.: <i>NS1...-NA</i>	Sicherungen nach <i>UL 248 series Class J</i> oder <i>RK5</i>	Einzelgerät nach <i>UL 508</i> z.B.: <i>+ DIL M</i>	Einzelgerät nach <i>UL 508</i> z.B.: <i>+ Z, + PKZM 0</i>
B	Dieser Construction Type wurde durch bessere Lösungen ersetzt.			
C	Leistungsschalter nach <i>UL 489</i> z.B.: <i>NZM...-A(E)...-NA, NZM...-VE...-NA</i> oder <i>NZM...-ME...-NA</i>		Einzelgerät nach <i>UL 508</i> z.B.: <i>+ DIL M</i>	Einzelgerät nach <i>UL 508</i> hier durch <i>NZM...</i> • durch zusätzliche Kalibrierprüfung nach <i>UL 508</i>
D	Leistungsschalter nach <i>UL 489</i> z.B.: <i>NZM...-S(E)...-CNA</i>		Einzelgerät nach <i>UL 508</i> z.B.: <i>+ DIL M</i>	Einzelgerät nach <i>UL 508</i> z.B.: <i>+ Z</i>
E	Self-Protected Combination Motor Controller z.B.: <i>PKZ2-ZM-.../S-SP</i>			
F	Manual Self-Protected Combination Motor Controller, handbetätigtes Type-E-Gerät z.B.: <i>PKZM0-...+BK25...-E</i>		Einzelgerät nach <i>UL 508</i> z.B.: <i>+ DIL M</i>	

Tabelle 11: Gebräuchliche konstruktive Lösungen für „UL 508 - Combination Motor Starters“, mit der Kennzeichnung durch Construction Types „A“ bis derzeit „F“. Im Zusammenhang mit den in diesem Aufsatz betrachteten Motorschutzschaltern sind die Construction Types E und F besonders interessant. Die Typen „A“ bis „E“ werden auch in der CSA-C22.2 No. 14-05 beschrieben. UL 508 Type F Starter werden z. Z. nur in UL 508 beschrieben. In Kanada werden sie von CSA noch nicht offiziell anerkannt, aber von den meisten Inspektoren akzeptiert.

bereren Geräte bis 42 A sind für 480Y / 277 VAC Stern-Netze zugelassen.

Der Self-Protected Starter *PKZ2/ZM.../S-SP*, mit einem Schaltvermögen von 65 kA / 480Y / 277 V bzw. 42 kA / 600Y / 347 V beinhaltet:

- ▶ den Überlast- und Kurzschlussschutz nach nordamerikanischen Ansprüchen und einen Schaltantrieb (konturengleich anbaubares Schütz) für das betriebsmäßige Ein- und Ausschalten in einer sehr kompakten Bauform.

Alle Systembausteine wie z.B. Hilfsschalter, Spannungsauslöser und Fernantrieb sind approbiert und können nachträglich angebaut werden. In der Kombination befinden sich Steuerleitungsabgriffe zwischen dem Schutzschalter und dem Schaltantrieb. Für Anwendungen in Motor-Control-Centers (MCC) kann hier die Energie für die Steuerspannung abgegriffen werden (**Bild 7**). Durch all diese beschriebenen Merkmale vereinigt dieser Motorstarter die weltweiten Ansprüche an Hochleistungs-Motorstarter.

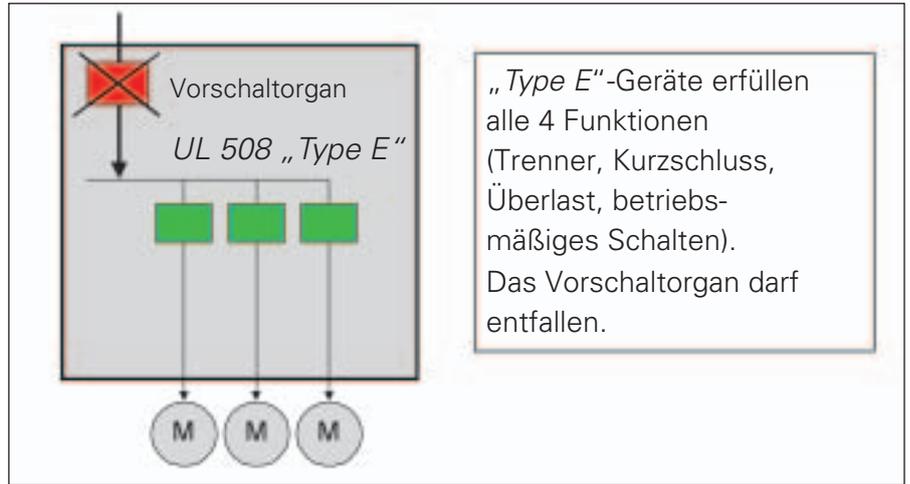


Bild 5: UL/CSA „Type E“-Geräte erfüllen alle 4 Funktionen eines Motorstarters, dadurch kann das Vorschaltorgan bis zu den für Type E angegebenen Kurzschlussströme entfallen. „UL 508 Type E“-Geräte werden Self-Protected Motor Starters genannt.

- Manual Self-Protected Combination Starter *PKZM0 + BK25/3-PKZ0-E*

Auch der Motorschutzschalter *PKZM0* erfüllt zusammen mit der Einspeiseklemme *BK25/3-PKZ0-E*, die „Type E“-Anforderungen und benötigt in dieser Ausführung

ebenfalls kein vorgeschaltetes Kurzschlusschutzorgan. Diese Kombinationen werden bis 32 A angeboten. (Bestell-Nr. 262518: *BK25/3-PKZ0-E*) Gleichartige Starter lassen sich mit dem *PKZM4* und der Zusatzklemme *BK50/3-PKZ4-E* bis 58 A realisieren und die entsprechenden Approbationsverfahren waren zum Zeitpunkt

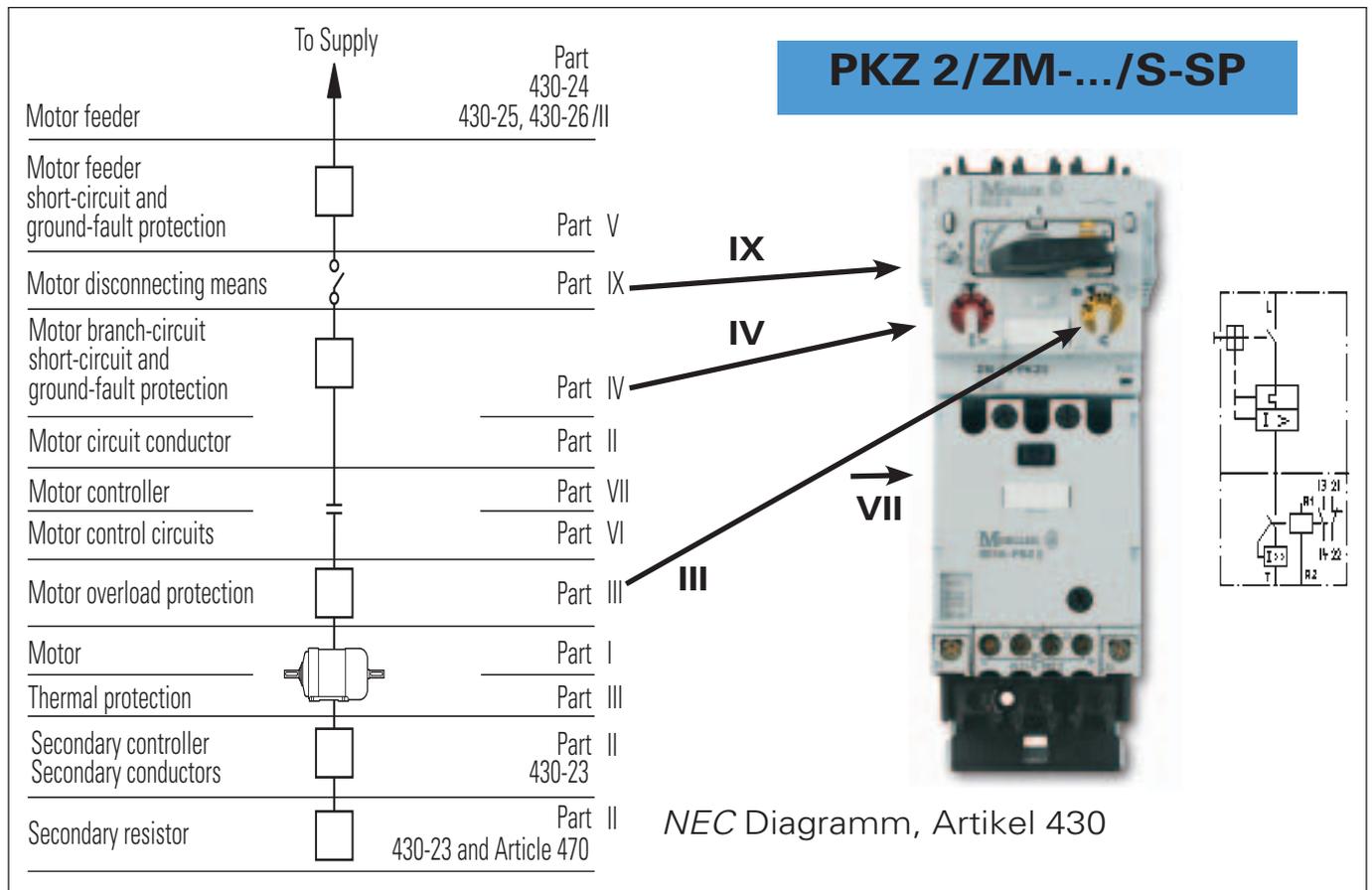


Bild 6: Das Bild des Self-Protected Combination Motor Controllers *PKZ2/ZM.../S-SP* zeigt die Zuordnung der Gerätebaugruppen zu den Parts des NEC Diagramms 430-1. Dieser Starter ist weltweit einsetzbar. Der Schaltantrieb verfügt über eine zusätzliche Strombegrenzungsfunktion.

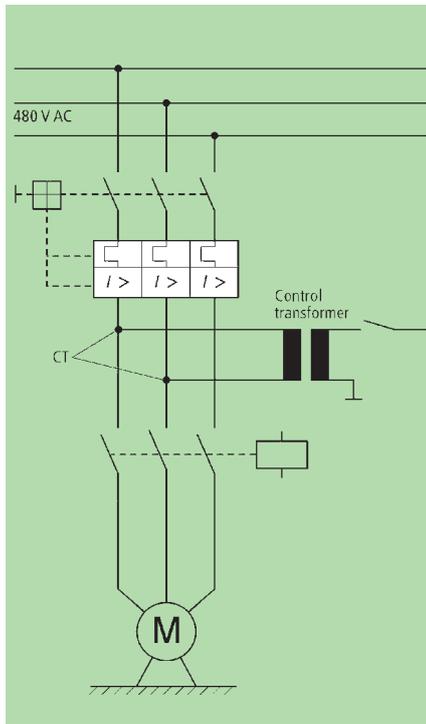


Bild 7: Steuerspannungsabgriff mit Trafo am PKZ2-ZM../S-SP für MCC-Anwendungen.

der Manuskripterstellung auch für den neuen, elektronischen Motorschutzschalter *PKE* eingeleitet.

Teilweise sind die Anforderungen regional unterschiedlich:

– für den Einsatz in den USA

Für den Einsatz in den USA werden die größeren Spacings (Phasenabstände) auf der Einspeiseseite verlangt. Bei „offener“ Montage des Schalters (auf einer Montageplatte in einem Schaltschrank, wenn die Steuerung einen abschließbaren Hauptschalter besitzt) wird kein abschließbarer Knebel für die Handbetätigung gefordert.

Wird der Schalter in der Self-Protected-Ausführung jedoch einzeln gekapselt (z.B. in einer MCC-Einheit oder im Isolierstoffgehäuse *CI...K-NA*) ist ein abschließbarer Knebel erforderlich. Als einzeln gekapselter Combination Motor Starter übernimmt der Schalter die Hauptschal-

ter- / Trennerfunktion und muss deshalb abschließbar sein.

– für den Einsatz in Kanada

Für den kanadischen Markt müssen der *PKZM0-...*, *PKE-...* oder der *PKZM4-...*, als Manual Self-Protected Combination Starters nach CLASS 3211-08, generell mit dem abschließbaren Knebel *AK-PKZ0(4)* für die Handbetätigung eingesetzt werden. In Kanada werden die in den USA erforderlichen größeren Luft- und Kriechstrecken an den Schalter-Eingangsklemmen nicht gefordert, sie schaden aber auch nicht. Dadurch kann in Kanada ein *PKZM0-...*, *PKE* oder ein *PKZM4-...* wahlweise zusammen mit einer Einspeiseklemme oder als normaler *PKZM*, jeweils aber mit einem abschließbaren Knebel eingesetzt werden. Bis zu dem für Type E auf dem Leistungsschild angegebenen SCCR ist kein Vorschaltorgan erforderlich.

Im Bausteinsystem werden ein oder mehrere *PKZM0* mit den bekannten Drehstromschienenblöcken und einem

Motorschutzschalter PKZM0(4), Einsatz als „Manual self-protected Motor Starters“ – UL 508 Type E											
Maximale Motorleistung Drehstrom HP = PS				Einstellbereiche		Interrupting Capacity = Short Circuit Current Rating SCCR			Komponenten		
200 V 208 V [HP]	230 V 240 V [HP]	460V 480 V [HP]	575 V 600 V [HP]	Überlast- auslöser [A]	Kurzschluss- auslöser [A]	240 V [kA]	480Y/277 V * [kA]	600Y/347V * [kA]	Motor Protector Typ	Asseccories Typ	
1)				0,1 - 0,16	2,2	65	65	50	PKZM0-0,16	BK25/3-PKZ0-E	
				0,16 - 0,25	3,4	65	65	50	PKZM0-0,25	BK25/3-PKZ0-E	
				0,25 - 0,4	5,6	65	65	50	PKZM0-0,4	BK25/3-PKZ0-E	
				0,4 - 0,63	8,8	65	65	50	PKZM0-0,63	BK25/3-PKZ0-E	
				0,63 - 1	14	65	65	50	PKZM0-1	BK25/3-PKZ0-E	
		¾	¾	1 - 1,6	22	65	65	50	PKZM0-1,6	BK25/3-PKZ0-E	
½	½	1	1 ½	1,6 - 2,5	35	65	65	50	PKZM0-2,5	BK25/3-PKZ0-E	
¾	¾	2	3	2,5 - 4	56	65	65	50	PKZM0-4	BK25/3-PKZ0-E	
1 ½	1 ½	3	5	4 - 6,3	88	65	65	50	PKZM0-6,3	BK25/3-PKZ0-E	
3	3	7 ½	10	6,3-11	140	65	65	50	PKZM0-10	BK25/3-PKZ0-E	
3	3	7 ½	-	9 - 12	168	42	65	-	PKZM0-12	BK25/3-PKZ0-E	
3	5	10	-	10 - 16	224	42	42	-	PKZM0-16	BK25/3-PKZ0-E	
5	-	-	-	16 - 20	280	18	18	-	PKZM0-20	BK25/3-PKZ0-E	
-	7 ½	15	-	20 - 25	350	18	18	-	PKZM0-25	BK25/3-PKZ0-E	
7 ½	10	20	-	24 - 32	448	18	18	-	PKZM0-32	BK25/3-PKZ0-E	
3	5	10	10	10 - 16	224	50	65	25	PKZM4-16	BK50/3-PKZ4-E	
5	7 ½	15	20	16 - 27	350	50	65	25	PKZM4-25	BK50/3-PKZ4-E	
7 ½	10	25	30	24 - 34	448	50	65	25	PKZM4-32	BK50/3-PKZ4-E	
10	-	30	30	32 - 40	560	50	65	25	PKZM4-40	BK50/3-PKZ4-E	
-	15	30	-	40 - 52	700	50	65	-	PKZM4-50	BK50/3-PKZ4-E	
-	15	40	-	50 - 56	812	50	65	-	PKZM4-58	BK50/3-PKZ4-E	
-	15	40	-	52 - 58	882	50	-	-	PKZM4-63	BK50/3-PKZ4-E	

1) Motorleistung in diesem Bereich nach Bemessungsstrom berechnen. Angegebene Werte nach NEC Table 430 - 150
2) Geeignet für sternpunktgeerdete Netze

Stand: März 2010

Tabelle 12: “Manual Self-Protected Motor Starter” – UL 508 Typ E Starter



Bild 8: Eine Gruppe Motorschutzschalter PKZM0 ist einspeiseseitig mit einem Drehstromschienenblock verbunden. Die Schutzschalter besitzen einen gemeinsamen Einspeiseklemmblock BK25/3-PKZO-E. Er erfüllt mit den vergrößerten Luft- und Kriechstrecken die Anforderungen an den "Construction Type E".

speziellen Einspeiseklemmblock BK25/3-PKZO-E (Bild 8) eingesetzt. Nur dieser Einspeiseblock muss die vergrößerten Luft- und Kriechstrecken nach UL 489 aufweisen. Es sind alle möglichen bzw. sinnvollen Kombinationen von Schaltern und Schützen approbiert worden.

Die beschriebene Lösung ermöglicht einen, in der IEC-Welt üblichen, ökonomischen und platzsparenden Steuerungsaufbau. Diese Lösung kommt der europäischen Art der Verdrahtung sehr entgegen, da bei dieser Lösung mehrere Motorschutzschalter eingangsseitig mit Drehstromschienenblöcken versorgt werden können. Nur an den gemeinsamen Einspeiseklemmblock für den Drehstromschienenblock werden die erhöhten Anforderungen gestellt. Dieser etwas größere Einspeiseklemmblock stellt den Unterschied zur bisherigen internationalen Lösung dar. Der neue Klemmblock kann weltweit eingesetzt werden. Die Drehstromschienenblöcke von Eaton Moeller besitzen die UL- und CSA-Approbationen.

- **UL 508 Type F Combination Starter**

In der UL 508 wird der gleichwertige Begriff „Type F Combination Motor Controller“ genannt. Aus den manual „Type E“- Schutzgeräten (z.B. PKZM0-.. und Einspeiseklemme BK25/3-PKZO-E)

entstehen in Verbindung mit Schützen „UL 508 Type F Combination Starter“. Nach Bild 9 benötigen „UL 508 Type F Combination Starter“ bis zu ihrem SCCR ebenfalls keine Vorschaltorgane. Alle Kombinationen dieser Art müssen vom Hersteller gelistet und approbiert werden (Tabelle 13) (Bild 10). Die „Type

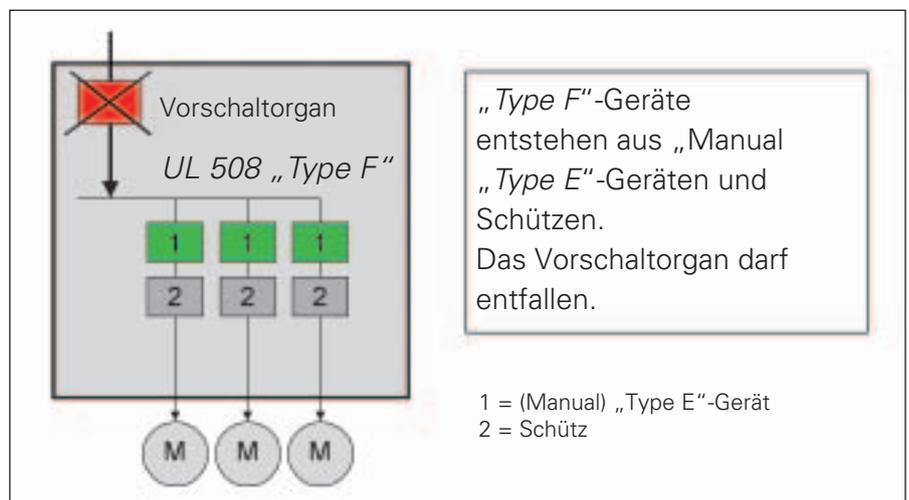


Bild 9: „UL 508 Type F Combination Starters“ erfüllen alle 4 Funktionen eines Motorstarters nach UL 508, dadurch kann das Vorschaltorgane bis zu den angegebenen Kurzschlussströmen der Kombinationen entfallen.



Bild 10: Beispiele für UL 508 Type F Combination Starter, die aus UL 508 Type E-Geräten und Schützen entstehen.

F“-Starter dürfen, wie die „Type E“-Starter, nur in geerdeten Stern-Netzen eingesetzt werden (z.B. 480Y / 277 V). „Type F“ Starter gibt es z. Z. nur nach den Codes und Standards der USA, weil Kanada diese Richtlinienerweiterung noch nicht übernommen hat. Type F-Starter werden aber von den meisten Inspektoren in Kanada akzeptiert.

Ein reines Bausteinsystem, bei dem der Hersteller oder der Schaltanlagenbauer approbierte Bausteine in Eigenverantwortung kombiniert, gibt es in Nordamerika nicht. Zulässig sind nur Kombinationen, die in den Approbationsakten erwähnt sind. Daher ist es erforderlich, bei der Auswahl der Kombinationen immer die aktuellen Auswahllisten der Hersteller zu Rate zu ziehen, da es hier ständig Weiterentwicklungen gibt,

Motorschutzschalter PKZM0(4), Einsatz als „UL 508 Type F Combination Starters“													
Maximale Motorleistung Drehstrom HP = PS				Einstellbereiche		Interrupting Capacity = Short Circuit Current Rating SCCR			Komponenten				
200 V 208 V [HP]	230 V 240 V [HP]	460V 480 V [HP]	575 V 600 V [HP]	Überlastauslöser [A]	Kurzschlussauslöser [A]	240 V [kA]	480Y/ 277 V ²⁾ [kA]	600Y/ 347V ²⁾ [kA]	Motorschutzschalter Typ	Einspeiseklemme Typ	Schütz Typ		
1)				0,1 - 0,16	2,2	50	50	50	PKZM0-0,16	BK25/3-PKZ0-E	DILEM		
				0,16 - 0,25	3,4	50	50	50	PKZM0-0,25	BK25/3-PKZ0-E	DILEM		
				0,25 - 0,4	5,6	50	50	50	PKZM0-0,4	BK25/3-PKZ0-E	DILEM		
				0,4 - 0,63	8,8	50	50	50	PKZM0-0,63	BK25/3-PKZ0-E	DILEM		
				0,63 - 1	14	50	50	50	PKZM0-1	BK25/3-PKZ0-E	DILEM		
				¾	¾	1 - 1,6	22	50	50	50	PKZM0-1,6	BK25/3-PKZ0-E	DILEM
½	½	1	1 ½	1,6 - 2,5	35	50	50	50	PKZM0-2,5	BK25/3-PKZ0-E	DILEM		
¾	¾	2	3	2,5 - 4	56	50	50	50	PKZM0-4	BK25/3-PKZ0-E	DILEM		
1 ½	1 ½	3	5	4 - 6,3	88	50	50	50	PKZM0-6,3	BK25/3-PKZ0-E	DILEM		
3	3	7 ½	10	6,3 - 11	140	50	50	50	PKZM0-10	BK25/3-PKZ0-E	DILEM		
1)				0,1 - 0,16	2,2	65	65	-	PKZM0-0,16	BK25/3-PKZ0-E	DILM7		
				0,16 - 0,25	3,4	65	65	-	PKZM0-0,25	BK25/3-PKZ0-E	DILM7		
				0,25 - 0,4	5,6	65	65	-	PKZM0-0,4	BK25/3-PKZ0-E	DILM7		
				0,4 - 0,63	8,8	65	65	-	PKZM0-0,63	BK25/3-PKZ0-E	DILM7		
				0,63 - 1	14	65	65	-	PKZM0-1	BK25/3-PKZ0-E	DILM7		
				¾	¾	1 - 1,6	22	65	65	-	PKZM0-1,6	BK25/3-PKZ0-E	DILM7
½	½	1	1 ½	1,6 - 2,5	35	65	65	-	PKZM0-2,5	BK25/3-PKZ0-E	DILM7		
¾	¾	2	3	2,5 - 4	56	65	65	-	PKZM0-4	BK25/3-PKZ0-E	DILM7		
1 ½	1 ½	3	5	4 - 6,3	88	65	65	-	PKZM0-6,3	BK25/3-PKZ0-E	DILM7		
3	3	7 ½	10	6,3 - 11	140	65	65	-	PKZM0-10	BK25/3-PKZ0-E	DILM12		
3	3	7 ½	-	9 - 12	168	50	50	-	PKZM0-12	BK25/3-PKZ0-E	DILM15		
3	-	-	-	10 - 16	224	18	18	-	PKZM0-16	BK25/3-PKZ0-E	DILM17		
5	-	-	-	16 - 20	280	18	18	-	PKZM0-20	BK25/3-PKZ0-E	DILM25		
-	7 ½	15	-	20 - 25	350	18	18	-	PKZM0-25	BK25/3-PKZ0-E	DILM25		
7 ½	10	20	-	24 - 32	448	18	18	-	PKZM0-32	BK25/3-PKZ0-E	DILM32		
3	5	10	15	10 - 16	224	65	65	50	PKZM4-16	BK50/3-PKZ4-E	DILM32		
5	7 ½	15	20	16 - 27	350	65	65	50	PKZM4-25	BK50/3-PKZ4-E	DILM32		
7 ½	10	25	30	24 - 34	448	65	65	50	PKZM4-32	BK50/3-PKZ4-E	DILM32		
10	-	30	30	32 - 40	560	65	65	50	PKZM4-40	BK50/3-PKZ4-E	DILM40		
-	15	30	-	40 - 52	700	65	65	-	PKZM4-50	BK50/3-PKZ4-E	DILM50		
-	-	40	-	50 - 56	812	65	65	-	PKZM4-58	BK50/3-PKZ4-E	DILM65		
-	-	40	-	52 - 58	882	65	65	-	PKZM4-63	BK50/3-PKZ4-E	DILM65		

1) Motorleistungen in diesem Bereich nach Bemessungsstrom berechnen. angegebene Werte nach NEC Table 430 - 150

2) Geeignet für sternpunktgeerdete Netze

Tabelle 13: Motorschutzschalter – UL 508 Typ F Combination Starters

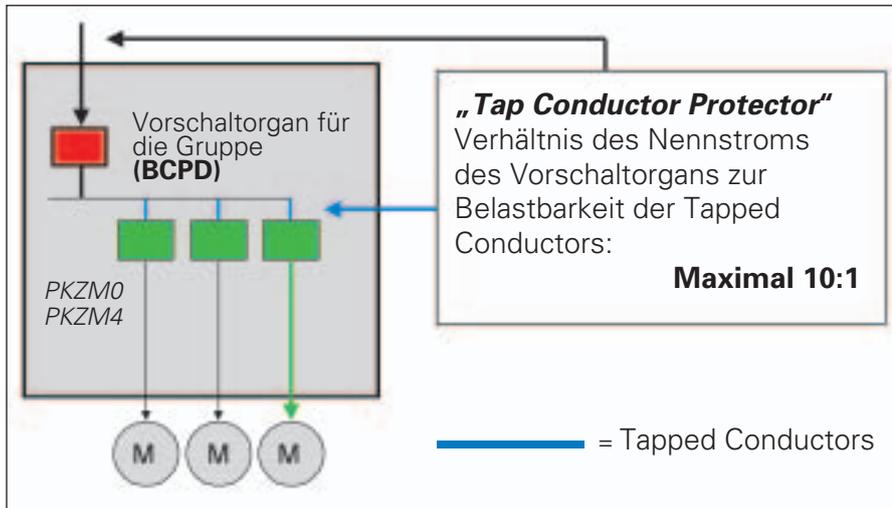


Bild 11: Maximales Verhältnis 10 : 1 zwischen dem „Nennstrom des Vorschaltorgans“ und der Belastbarkeit der Abgangsleitungen bei der Verwendung des „Tap Conductor Protectors“.

die z. T. wesentliche technische und ökonomische Vorteile bieten.

Man erkennt, wie zeit- und kostenintensiv die Approbationsverfahren sind und wie sehr der Markteintritt neuer Produkte verzögert wird. Dies ist nicht nur ein Nachteil für die Hersteller der Schaltgeräte, sondern auch für die Anlagenbetreiber, da bessere Technologien erst verzögert zur Verfügung stehen. Bei dem hohen Exportanteil des europäischen Maschinen- und Anlagenbaus können neue Produkte praktisch erst nach den Approbationsverfahren im Markt etabliert werden, auch wenn der überwiegende Teil der Erzeugnisse in Europa bleibt. Dieses Verfahren schließt auch faktisch die Kombination approbierter Komponenten unterschiedlicher Hersteller aus. Diese gemischten Kombinationen sind aber auch in der IEC-Welt unüblich, da die Hersteller nur für ihre eigenen Produkte den Nachweis der Zuordnungsart, also die Koordination des Verhaltens der Komponenten bei Kurzschlussströmen erbringen. „Erklärungen der Konformität“ müssen aktuell sein und sie bestätigen die Übereinstimmung der laufenden Produktion mit den Kombinationen, mit denen die „Nachweise der Konformität“ erreicht wurden. Die Hersteller hätten gar nicht die Möglichkeit alle Veränderungen an Wettbewerbsgeräten zu verfolgen, die Auswirkungen auf die Kurzschlusskoordination haben können.

Tap Conductor Protector

Der „Tap Conductor Protector“ stellt eine alternative Lösung bei den „Combination Motor Starters“ dar. Das Schaltgerät muss keine größeren

Luft- und Kriechstrecken, als nach UL 508 gefordert, besitzen. Praktisch wird ein „normaler“ Motorschutzschalter *PKZM0* eingesetzt, der aber für diese Anwendung speziell approbiert wurde. Der *PKZM0* und der *PKZM4* besitzen die Zulassungen als Tap Conductor Protectors für die Doppelspannungen 240 / 120 V und 480Y / 277 V und für Geräte bis 16 A bzw. 40 A zusätzlich die Zulassung für 600Y / 347 V (geerdete Sternspannungen, Slash Voltages).

Tap Conductor Protectors stellen den Überlast- und Kurzschlusschutz für die Abgangsleitungen, sowie den Überlastschutz für das zu schaltende Betriebsmittel (Motor) sicher. Nachteilig an dieser Lösung ist, dass für den Kurzschlusschutz im Sinne von **Bild 1** wieder ein Vorschaltenschutzorgan verwendet werden muss. Ein Gruppenschutzorgan ist zulässig.

Bei der Anwendung als Tap Conductor Protector beträgt, entsprechend **Bild 11**, das Verhältnis zwischen dem Bemessungsstrom des Vorschaltorgans und der Belastbarkeit der Abgangsleitungen 10:1. Das erleichtert etwas die Koordination von Startergruppen. Als Beispiel:

- eine AWG 14-Leitung ist üblicherweise mit 15 A belastbar,
- als Vorschaltenschutzorgan darf dann ein *NZM..2-AF150-NA* eingesetzt werden.

Übersicht „Motorstarter für Nordamerika“ in Bild 12

Das **Bild 12** stellt die im Aufsatz erläuterten Zusammenhänge, speziell die Construction Types E und F und den Tap Conductor Protector grafisch dar.

Grundsätzlich ist in dem Suchbaum danach zu unterscheiden, ob es ein Vorschaltenschutzorgan geben muss oder ob man analog zu den IEC-Lösungen darauf verzichten kann.

Stand:

Der Aufsatz stellt die Normensituation und den Approbationsstand vom März 2010 dar.

Literatur:

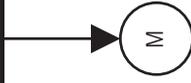
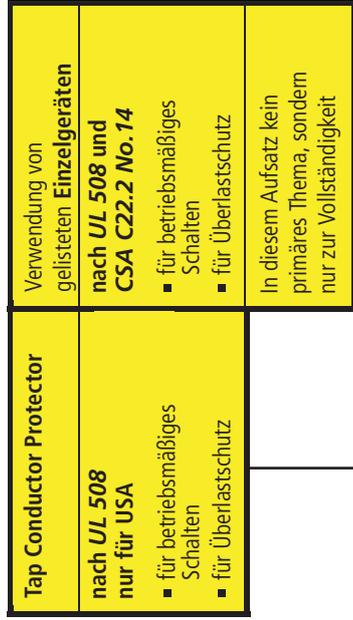
- [1] IEC / EN 60947-4-1 und DIN VDE 0660-102 „Niederspannungsschaltgeräte – Teil 4-1: Schutze und Motorstarter – Elektromechanische Schutze und Motorstarter“ (IEC 60947-4-1:2000 + Corrigendum:2001 + A1:2002 + A2:2005); Deutsche Fassung EN 60947-4-1:2001 + A1:2002 + A2:2005
- [2] UL 60 947-4-1A „Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters
- [3] CSA-C22-2 NO. 60947-4-1-07, „Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 4-1: Contactors and Motor-Starters – Electromechanical Contactors and Motor-Starters“
- [4] UL 60 947-1, „Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 1: General rules, third edition (Edition date: 2007-01-26)“
- [5] IEC / EN 60 204-1 und EN 60204-1, „Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen“ (IEC 60204-1:2005, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60204-1:2006
- [6] UL 489, „Molded Case Circuit Breakers, Molded Case Switches and Circuit Breaker Enclosures“
- [7] CSA-C22-2 No. 5-09, „Moulded Case Circuit Breakers“
- [8] UL 508, „Industrial Control Equipment“
- [9] CSA-C22-2 No. 14-05, „Industrial Control Equipment, Industrial Products“
- [10] IEC / EN 60 947-1, „Niederspannungsschaltgeräte Teil 1: Allgemeine Festlegungen“ (IEC 60947-1:2007); Deutsche Fassung EN 60947-1:2007“
- [11] IEC / EN 60 947-2, „Niederspannungsschaltgeräte – Teil 2: Leistungsschalter“ (IEC 60947-2:2006); Deutsche Fassung EN 60947-2:2006
- [12] Wolfgang Esser, „System PKZ 2 – Motor- und Anlagenschutz auf gehobenem technischen Niveau“ Moeller GmbH, Bonn, 2006, VER1280-952D, Article No.: 104909 „PKZ 2 System – For Optimum Motor and System Protection“, Moeller GmbH, Bonn, 2006 VER1280-952GB, Article No.: 105220
- [13] NFPA 70E, „Standard for Electrical Safety in the Workplace, 2009 Edition“, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 02169, www.nfpa.org

Beachten Sie bitte weitere Fachaufsätze im Internet unter: <http://www.moeller.net/de/company/news/publications/index.jsp>, diese Aufsätze können auch gedruckt und in deutscher und englischer Sprache angefordert werden.

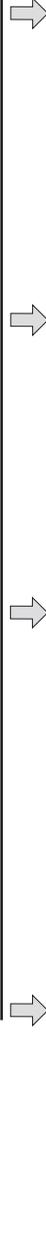
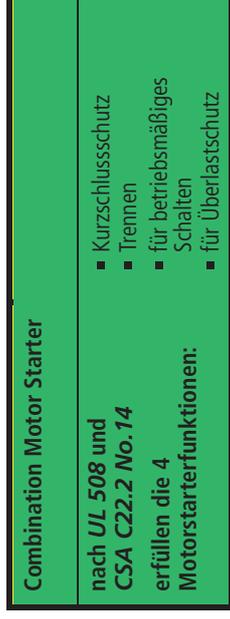
Motorstarter für Nordamerika nach UL 508 und CSA C 22.2 No. 14

Suchbaum für zulässige Lösungen, Suchkriterien: möglichst schmelzsicherungslos, möglichst nahe an einer IEC-Lösung

Trenner- und Kurzschlussfunktion
nach UL 489 und CSA C 22.2 No. 5-02
ist bereits in der Zuleitung vorhanden
oder sie ist vorgesehen



Trenner- und Kurzschlussfunktion
nach UL 489 und CSA C 22.2 No. 5-02
ist in der Zuleitung nicht vorhanden oder
nicht bekannt und nicht vorgesehen



mit Schmelzsicherungen

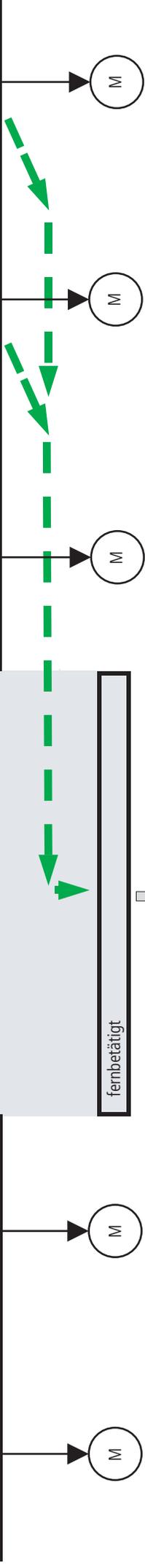
Construction Type " A "	Construction Type " B "	Construction Type " C "	Construction Type " D "	Construction Type " E "
Eaton Moeller Beispiele, siehe Tabelle 11	kein Eaton Moeller Angebot	Eaton Moeller Beispiele, siehe Tabelle 11	Eaton Moeller Beispiele, siehe Tabelle 11	Merkmale: -hohes Schaltvermögen -Luft- und Kriechstrecken auf der Schaltereingangsseite nach UL 508 und CSA C22.2 No. 14
Diese Typen sind in diesem Aufsatz kein primäres Thema, sondern nur zur Vollständigkeit dargestellt				

**Type " E " Combination Motor Starters
Self-Protected Control Device**



Bemessungsströme bis 32 A AC-Nennspannung wie bei Schaltvermögen (SCCR) bis 10A: 50 kA /600Y/347V 16A: 42 kA /480Y/277V 20..25A: 18 kA /480Y/277V	Bemessungsströme bis 58 A AC-Nennspannung wie bei Schaltvermögen (SCCR) bis 40A: 25 kA /600Y/347V 50 kA /480Y/277V 58A: 65 kA /480Y/277V
--	---

für geerdete Stern-Netze approbirt für Tap Conductor Protection 10:1-Regel, nach Bild 11	für geerdete Stern-Netze approbirt für Tap Conductor Protection 10:1-Regel, nach Bild 11
---	---

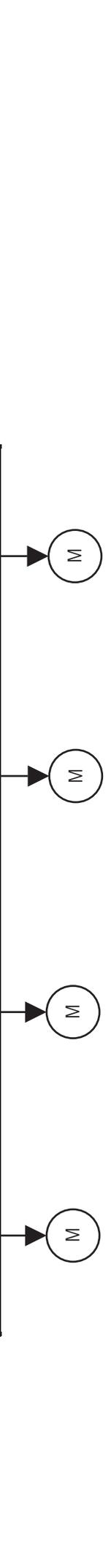


Type " F " Combination Motor Starters
nach **UL 508**
z.Z. nur für **USA (wird in Kanada geduldet)**

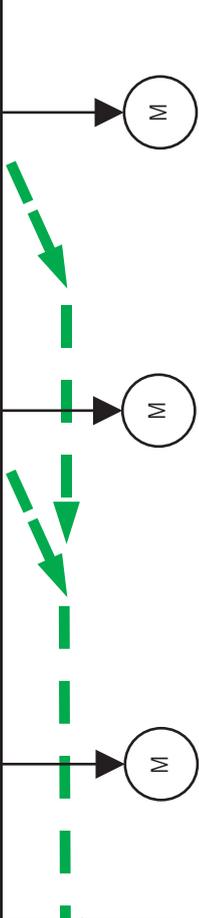
PKZM0 + Drehstromschienenblock + Einspeiseklemmblock BK25-..-E + Schütz	PKZM4 + Drehstromschienenblock + Einspeiseklemmblock BK50-..-E + Schütz
---	---

PKZM0 + DIL EM Bemessungsströme bis 6,3 A AC-Nennspannung wie bei Schaltvermögen (SCCR): 50 kA/600Y/347V 50 kA/480Y/277V	PKZM0 + DILM7,9,12 Bemessungsströme bis 11 A AC-Nennspannung wie bei Schaltvermögen (SCCR): 65 kA/600Y/347V	PKZM0 + DILM15,17,25,32 Bemessungsströme bis 32 A AC-Nennspannung wie bei Schaltvermögen (SCCR): 15 A: 50 kA/480Y/277V 17..32 A: 18 kA/480Y/277V	PKZM4 + DILM32-65 Bemessungsströme bis 58A AC-Nennspannung wie bei Schaltvermögen (SCCR): 65 kA/480Y/277V bis 40 A: 50 kA/600Y/347V
--	--	--	---

für geerdete Netze			
wenn Schaltvermögen (SCCR) nicht ausreicht: approbirt für Gruppenschutz, nach Tabelle 5 Leitungsschutz nach 3:1-Regel, nach Bild 3			



Bemessungsströme bis 27 A AC-Nennspannung wie bei Schaltvermögen (SCCR) bis 10 A: 50 kA /600Y/347V 16 A: 42 kA /480Y/277V 20..25 A: 18 kA /480Y/277V	Bemessungsströme bis 42 A AC-Nennspannung bis 27 A: 600Y/347V 480Y/277V > 27 A: 480Y/277V Schaltvermögen (SCCR) 65 kA /480Y/277V 42 kA /600Y/347V
---	--



für geerdete Stern-Netze	
wenn Schaltvermögen (SCCR) nicht ausreicht: approbirt für Gruppenschutz, nach Tabelle 5 Leitungsschutz nach 3:1-Regel, nach Bild 3	

Useful Tables

Table 430-148. Full-Load Currents in Amperes Single-Phase Alternating-Current Motors

The following values of full-load currents are for motors running at usual speeds and motors with normal torque characteristics. Motors built for especially low speeds or high torques may have higher full-load currents, and multispeed motors will have full-load current varying with speed, in which case the nameplate current ratings shall be used.

The voltages listed are rated motor voltages. The currents listed shall be permitted for system voltage ranges of 110 to 120 and 220 to 240 volts.

HP	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts
1/6	4.4	2.5	2.4	2.2
1/4	5.8	3.3	3.2	2.9
1/3	7.2	4.1	4.0	3.6
1/2	9.8	5.6	5.4	4.9
3/4	13.8	7.9	7.6	6.9
1	16	9.2	8.8	8
1 1/2	20	11.5	11	10
2	24	13.8	13.2	12
3	34	19.6	18.7	17
5	56	32.2	30.8	28
7 1/2	80	46	44	40
10	100	57.5	55	50

Table 310-16. Allowable Ampacities of Insulated Conductors Rated 0 through 2000 Volts, 60° to 90°C (140° to 194°F) Not More Than Three Current-Carrying Conductors in Raceway or Cable or Earth (Directly Buried), Based on Ambient Temperature of 30°C (86°F)

Size	Temperature Rating of Conductor. See Table 310-13						Size
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
AWG kcmil	Types TW ¹ , UF ¹	Types FEPW ¹ , RH ¹ , RHW ¹ , THHW ¹ , THWN ¹ , XHHW ¹ , USE ¹ , ZW ¹	Types TBS, SA SIS, FEP ¹ , FEPB ¹ , MI RHH ¹ , RHW-2, THHN ¹ , THHW ¹ , THWN-2 ¹ , XHHW-2, XHHW-2, ZW-2	Types TW ¹ , UF ¹	Types RH ¹ , RHW ¹ , THHW ¹ , THWN ¹ , XHHW ¹ , USE ¹	Types TBS, SA, SIS, THHN ¹ , THHW ¹ , THWN-2 ¹ , RHH ¹ , RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	AWG kcmil
	Copper			Aluminum or Copper-Clad Aluminum			
18	....	....	14	....	....	....	....
16	....	....	18	....	....	....	....
14	20 ¹	20 ¹	25 ¹	....	....	....	....
12	25 ¹	25 ¹	30 ¹	20 ¹	20 ¹	25 ¹	12
10	30	35 ¹	40 ¹	25	30 ¹	35 ¹	10
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	70	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000
CORRECTION FACTORS							
Ambient Temp°C	For ambient temperatures other than 30°C (86°F), multiply the allowable ampacities shown above by the appropriate factor shown below.						Ambient Temp°F
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70-77
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78-86
31-35	.91	.94	.96	.91	.94	.96	87-95
36-40	.82	.88	.91	.82	.88	.91	96-104
41-45	.71	.82	.87	.71	.82	.87	105-113
46-50	.58	.75	.82	.58	.75	.82	114-122
51-55	.41	.67	.76	.41	.67	.76	123-131
56-60	....	.58	.71	....	.58	.71	132-140
61-70	....	.33	.58	....	.33	.58	141-158
71-80	....	....	.41	....	....	.41	159-176

¹Unless otherwise specifically permitted elsewhere in this code, the overcurrent protection for conductor types marked with an obelisk (¹) shall not exceed 15 amperes for No. 14, 20 amperes for No. 12, and 30 amperes for No. 10 copper; or 15 amperes for No. 12 and 25 amperes for No. 10 aluminum and copper-clad aluminum after any correction factors for ambient temperature and number of conductors have been applied.

Table 430-150. Full-Load Current Three-Phase Alternating-Current Motors

The following values of full-load currents are typical for motors running at speeds usual for belted motors and motors with normal torque characteristics.

Motors built for low speeds (1200 RPM or less) or high torques may require more running current, and multispeed motors will have full-load current varying with speed. In these cases the nameplate current ratings shall be used.

The voltages listed are rated motor voltages. The currents listed shall be permitted for system voltage ranges of 110 to 120, 220, 440 to 480, and 550 to 600 volts.

HP	Induction Type Squirrel-cage and Wound-Rotor						Synchronous Type Unity Power Factor*				
	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts
1/2	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	-	-	-	-	-
3/4	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	-	-	-	-	-
1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	-	-	-	-	-
1 1/2	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4	-	-	-	-	-
2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	-	-	-	-	-
3	-	11.0	10.6	9.6	4.8	3.9	-	-	-	-	-
5	-	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	-	-	-	-	-
7 1/2	-	25.3	24.2	22	11	9	-	-	-	-	-
10	-	32.2	30.8	28	14	11	-	-	-	-	-
15	-	48.3	46.2	42	21	17	-	-	-	-	-
20	-	62.1	59.4	54	27	22	-	-	-	-	-
25	-	78.2	74.8	68	34	27	-	53	26	21	-
30	-	92	88	80	40	32	-	63	32	26	-
40	-	120	114	104	52	41	-	83	41	33	-
50	-	150	143	130	65	52	-	104	52	42	-
60	-	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
75	-	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
100	-	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
125	-	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
150	-	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
200	-	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
250	-	-	-	-	302	242	60	-	-	-	-
300	-	-	-	-	361	289	72	-	-	-	-
350	-	-	-	-	414	336	83	-	-	-	-
400	-	-	-	-	477	382	95	-	-	-	-
450	-	-	-	-	515	412	103	-	-	-	-
500	-	-	-	-	590	472	118	-	-	-	-

*For 90 and 80 percent power factor, the above figures shall be multiplied by 1.1 and 1.25 respectively.

Table 430-91. Motor Controller Enclosure Selection Table

Provides a Degree of Protection Against the Following Environmental Conditions	For Outdoor Use Enclosure Type Number ¹						
	3	3R	3S	4	4X	6	6P
Incidental contact with the enclosed equipment	X	X	X	X	X	X	X
Rain, snow and sleet	X	X	X	X	X	X	X
Sleet*	-	-	X	-	-	-	-
Windblown dust	X	-	X	X	X	X	X
Hosedown	-	-	-	X	X	X	X
Corrosive agents	-	-	-	-	X	-	X
Occasional temporary submersion	-	-	-	-	-	X	X
Occasional prolonged submersion	-	-	-	-	-	-	X

*Mechanism shall be operable when ice covered.

Provides a Degree of Protection Against the Following Environmental Conditions	For Indoor Use Enclosure Type Number ¹									
	1	2	4	4X	5	6	6P	12	12K	13
Incidental contact with the enclosed equipment	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Falling dirt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Falling liquids and light splashing	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Circulating dust, lint, fibers, and flyings	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X
Settling airborne dust, lint, fibers and flyings	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
Hosedown and splashing water	-	-	X	X	-	X	X	-	-	-
Oil and coolant seepage	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X
Oil or coolant spraying and splashing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Corrosive agents	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-
Occasional temporary submersion	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-
Occasional prolonged submersion	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-

¹ Enclosure type number shall be marked on the motor controller enclosure.

Useful Tables

Table A (millimeters to inches)											
mm	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches
1	0.0393	26	1.0236	51	2.0078	76	2.9921	105	4.1338	260	10.2362
2	0.0787	27	1.0629	52	2.0472	77	3.0315	110	4.3307	270	10.6299
3	0.1181	28	1.1023	53	2.0866	78	3.0708	115	4.5275	280	11.0236
4	0.1574	29	1.1417	54	2.1259	79	3.1102	120	4.7244	290	11.4173
5	0.1968	30	1.1811	55	2.1653	80	3.1496	125	4.9212	300	11.811
6	0.2362	31	1.2204	56	2.2047	81	3.1889	130	5.1181	325	12.7952
7	0.2755	32	1.2598	57	2.2440	82	3.2283	135	5.3149	350	13.7795
8	0.3149	33	1.2992	58	2.2834	83	3.2677	140	5.5118	375	14.7637
9	0.3543	34	1.3385	59	2.3228	84	3.3070	145	5.7086	400	15.748
10	0.3937	35	1.3779	60	2.3622	85	3.3464	150	5.9055	425	16.7322
11	0.4330	36	1.4173	61	2.4015	86	3.3858	155	6.1023	450	17.7165
12	0.4724	37	1.4566	62	2.4409	87	3.4252	160	6.2992	475	18.7007
13	0.5118	38	1.4960	63	2.4803	88	3.4645	165	6.4960	500	19.685
14	0.5511	39	1.5354	64	2.5196	89	3.5039	170	6.6929	525	20.6692
15	0.5905	40	1.5748	65	2.5590	90	3.5433	175	6.8897	550	21.6535
16	0.6299	41	1.6141	66	2.5984	91	3.5826	180	7.0866	575	22.6377
17	0.6692	42	1.6535	67	2.6378	92	3.6220	185	7.2834	600	23.622
18	0.7086	43	1.6929	68	2.6771	93	3.6614	190	7.4803	650	25.5905
19	0.7480	44	1.7322	69	2.7165	94	3.7007	195	7.6771	700	27.559
20	0.7874	45	1.7716	70	2.7559	95	3.7401	200	7.874	750	29.5275
21	0.8267	46	1.8110	71	2.7952	96	3.7795	210	8.2677	800	31.496
22	0.8661	47	1.8503	72	2.8346	97	3.8189	220	8.6614	850	33.4645
23	0.9055	48	1.8897	73	2.8740	98	3.8582	230	9.0551	900	35.433
24	0.9448	49	1.9291	74	2.9133	99	3.8976	240	9.4488	950	37.4015
25	0.9842	50	1.9685	75	2.9527	100	3.937	250	9.8425	1000	39.37

Table B			
decimal	fraction equivalent	decimal	fraction equivalent
0.0156	1/64	0.5156	33/64
0.0312	1/32	0.5312	17/32
0.0469	3/64	0.5469	35/64
0.0625	1/16	0.5625	9/16
0.0781	5/64	0.5781	37/64
0.0937	3/32	0.5937	19/32
0.1094	7/64	0.6094	39/64
0.125	1/8	0.625	5/8
0.1406	9/64	0.6406	41/64
0.1562	5/32	0.6562	21/32
0.1719	11/64	0.6719	43/64
0.1875	3/16	0.6875	11/16
0.2031	13/64	0.7031	45/64
0.2187	7/32	0.7187	23/32
0.2344	15/64	0.7344	47/64
0.25	1/4	0.75	3/4
0.2656	17/64	0.7656	49/64
0.2812	9/32	0.7812	25/32
0.2969	19/64	0.7969	51/64
0.3125	5/16	0.8125	13/16
0.3281	21/64	0.8281	53/64
0.3437	11/32	0.8437	27/32
0.3594	23/64	0.8594	55/64
0.375	3/8	0.875	7/8
0.3906	25/64	0.8906	57/64
0.4062	13/32	0.9062	29/32
0.4219	27/64	0.9219	59/64
0.4375	7/16	0.9375	15/16
0.4531	29/64	0.9531	61/64
0.4687	15/32	0.9687	31/32
0.4844	31/64	0.9844	63/64
0.5	1/2	1.0	1

How to use conversion table A and B

To convert millimeters to inches:

a) 27 mm - from table A, 27 mm = 1.0629"

+ from table B, 0.0629 = 1/16" Therefore 27 mm = 1-1/16"

b) 295 mm - from table A, 290 mm = 11.4173"

+ 5 mm = 0.1968"

+ from Table B, 0.6141 = 39/64" Therefore 295 mm = 11-39/64"

To convert	to...	multiply by....	
Atmospheres	pounds per square inch	14.7	
Cubic centimeters	cubic inches	0.06102	
Cubic Inches	cubic centimeters	16.39	
Feet	meters	0.3048	
Gallons (Br. imp.)	liters	4.546	
Gallons (U.S.)	liters	3.785	
Grams	ounces (avoirdupois)	0.0353	
HP	kilowatts	0.7457	
Kilograms	pounds	2.205	
Kilograms	tons (2,000 lb)	0.001102	
kilograms	tons (2,240 lb)	0.0009842	
Kilometers	miles	0.6214	
Kilowatts	HP	1.341	
Joules	calories	0.239	
Liters	gallons (Br. imp.)	0.220	
Liters	gallons (U.S.)	0.2642	
Meters	feet	3.281	
Meters	yards	1.094	
Miles	kilometers	1.609	
Millimeters	inches	0.03937	
Newton (force)	pounds	0.2248	
Ounces (avoirdupois)	grams	28.349	
Pounds	kilograms	0.4536	
Tons (2,000 lb)	kilograms	907.18	
Tons (2,240 lb)	kilograms	1016.0	
Yards	meters	0.9144	
Newton meter	foot-pounds	.737	

BP-212

FP-30

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

-10

-20

F°? C°?

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
Moeller Electric 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
Moeller Electric 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
Phone: +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
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®, Santak® und MGE Office Protection Systems™.

www.eaton.com

Adressen weltweit:
www.moeller.net/address

E-Mail: info-bonn@eaton.com
Internet: www.moeller.net
www.eaton.com

Herausgeber:
Eaton Corporation
Electrical Sector – EMEA

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

© 2010 by Eaton Industries GmbH
Änderungen vorbehalten
VER1210+1280-928D ip 04/10
Printed in Germany (04/10)
Artikelnr.: 267951

