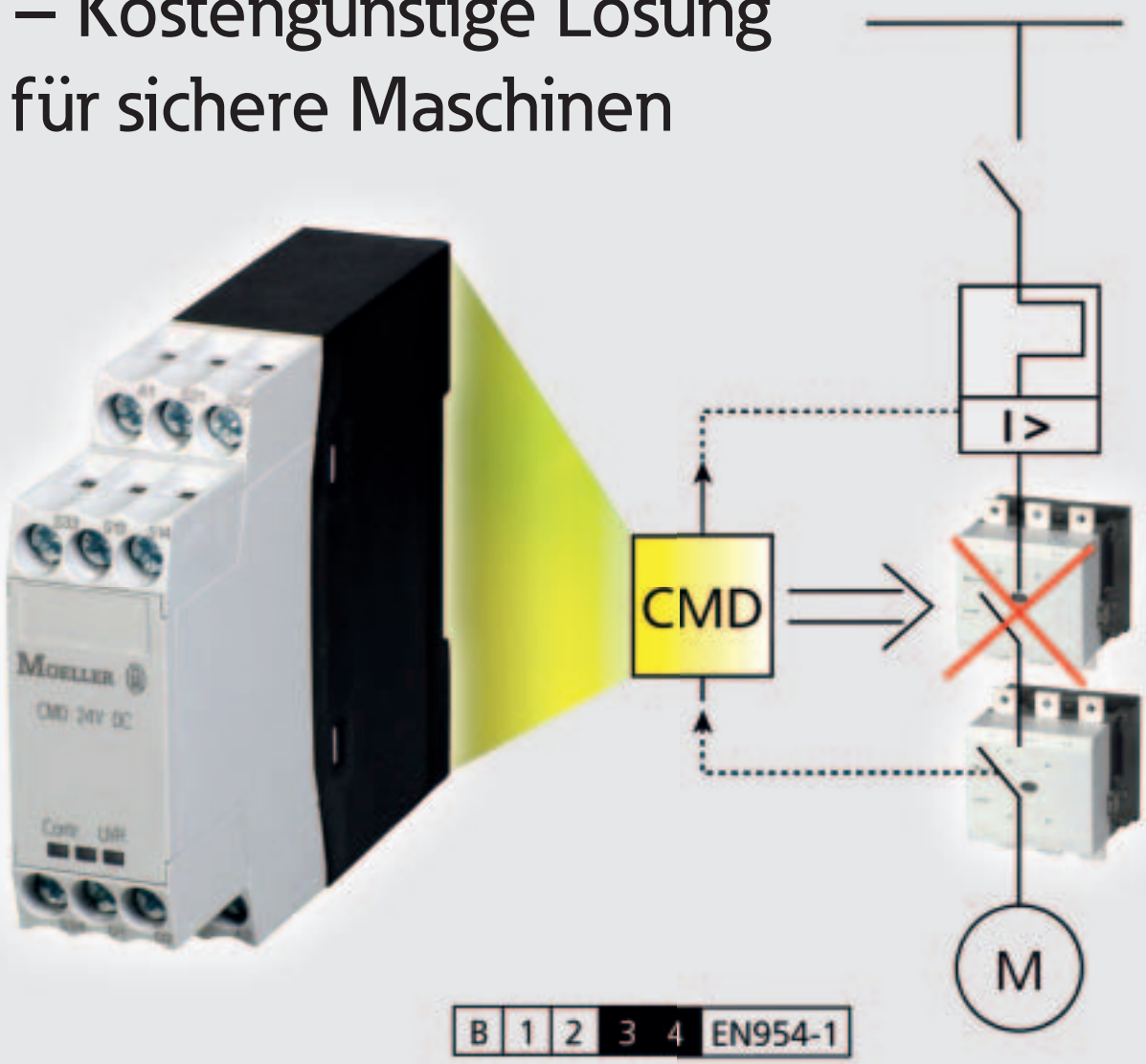
www.eaton.com/moellerproducts

Schützüberwachungsrelais CMD – Kostengünstige Lösung für sichere Maschinen



Fachaufsatz

Dipl.-Ing. Wolfgang Nitschky

Powering Business Worldwide

MOELLER
An Eaton Brand

Der Weg zur sicheren Maschine

Bei der Projektierung einer Maschine stößt jeder Projekteur neben den funktionalen Aspekten früher oder später auf das Thema Sicherheitstechnik und muss die Frage beantworten: Wie gefährlich ist eigentlich die gerade projektierte Maschine? Mittels Risikoanalyse werden die potentiellen Gefahren identifiziert. Ein Teil der Gefahren lässt sich durch mechanische Änderungen oder Ergänzungen abstellen (keine scharfen Kanten, Abschottungen vor beweglichen Teilen etc.). Wird nun die elektrische Steuerung projektiert, werden Sicherheitsaufgaben in die Steuerung verlagert. Typische Sicherheitsaufgaben sind der Not-Halt oder die Überwachung von Schutztüren, Schaltmatten oder Lichtschranken. Um der Steuerung sicherheitsrelevante Aufgaben zu übertragen, muss die Frage nach der Zuverlässigkeit der Steuerung im Fehlerfall beantwortet werden.

Die EN 954-1

Die Europanorm EN 954-1 hat den Anspruch, einfach in der Handhabung zu sein. Durch ihre Einfachheit im grundsätzlichen Aufbau wird die Norm vom Maschinenbau akzeptiert und angewendet. Die Einordnung im konkreten Fall ist sicherlich nicht immer einfach, aber die grundsätzlich durchzuführenden Schritte bleiben überschaubar.
Anhand einer Baumstruktur (**Bild 1**) wird abgeschätzt, was passieren kann, wenn die Steuerung versagt. Hierzu wird zunächst die Schwere der Verletzung abgeschätzt, die Aufenthaltsdauer im Gefahrenbereich und zuletzt die Erkennbarkeit der Gefahr. Die Abschätzung mündet in einer Sicherheitskategorie, die die Steuerung erfüllen muss. Die Sicherheitskategorien sind ein Maß, wie zuverlässig die Steuerung im Fehlerfall ist. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Steuerungen der Sicherheitskategorie 1 oder 2 zu Steuerungen der Kategorie 3 oder 4 ist, dass die Steuerung ihre Sicherheitsfunktion im Fehlerfall in den Sicherheitskategorien 1 und 2 verlieren darf. Steuerungen der Sicherheitskategorie 3 oder 4 müssen auch im Fehlerfall ihre Sicherheitsfunktion aufrechterhalten.

Schützsteuerungen nach EN 954-1

Betrachtet man nun elektrische Schaltungen zur Steuerung von Motoren, so werden die Motoren von Leistungsschützen geschaltet. Ein typischer Fehler eines Leistungsschützes ist das Verschweißen der Schützkontakte. Wird im Gefahrenfall durch einen Not-Halt die Steuerspannung an der Schützspule weggenommen und es liegt der Fehler „verschweißte Schützkontakte“ vor, müssen in Steuerungen der Sicherheitskategorie 3 oder 4 weitere Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Sicherheitsfunktion vorgesehen sein. In der Regel sieht man eine Reihenschaltung von zwei Leistungsschützen vor (**Bild 2**). Mit der Annahme, dass nicht beide Schütze genau gleichzeitig verschweißen, bleibt die Sicherheitsfunktion erhalten, denn das zweite Schütz wird den Gefahr bringenden Antrieb still setzen. Diese teure Lösung mit einem deutlich höheren Platzbedarf im Schaltschrank und einem zusätzlichen Zeitbedarf zur Erstellung der zusätzlichen Hauptstromverdrahtung wird in der Projektierung nicht immer akzeptiert. Hier setzt

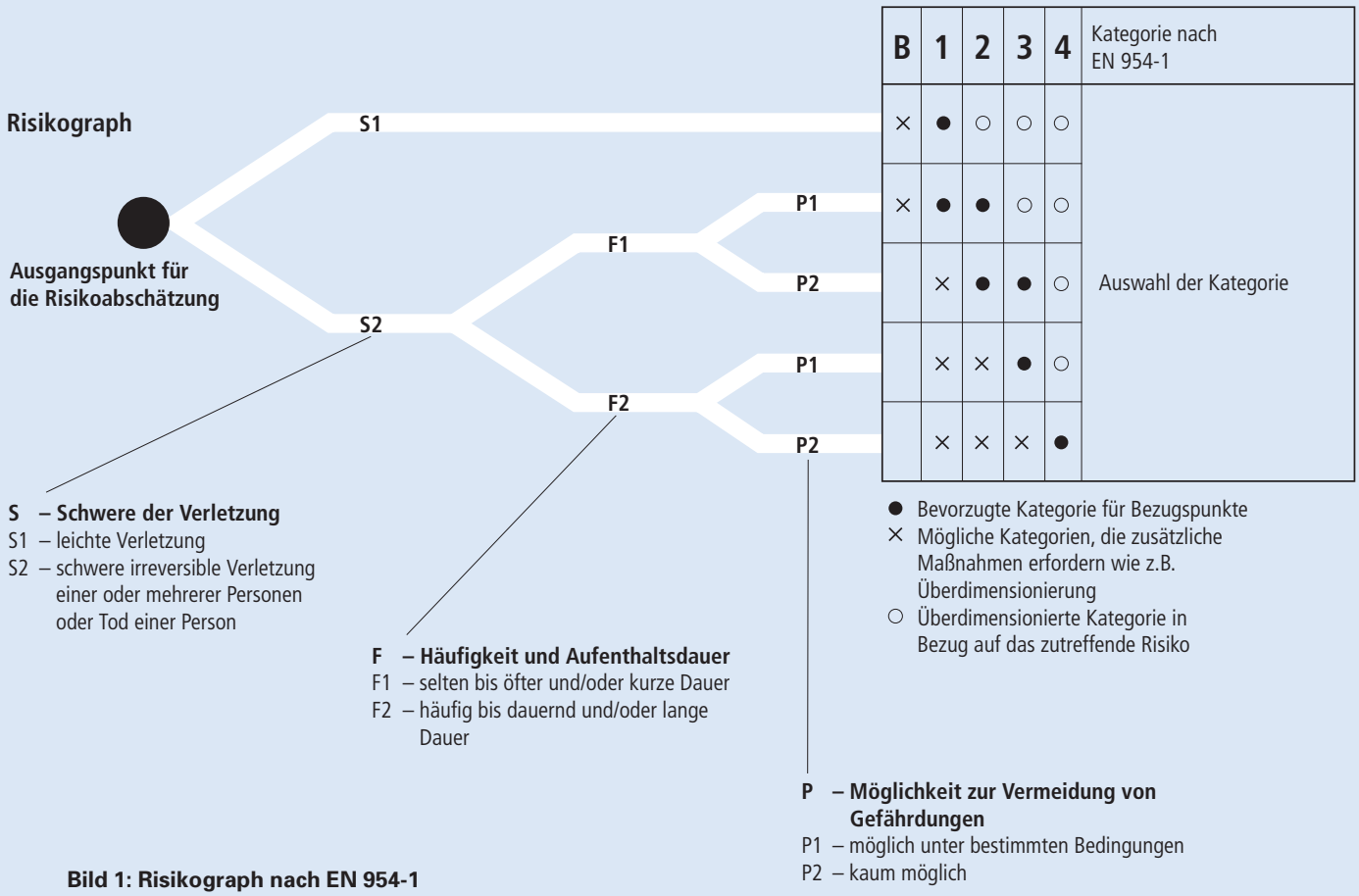


Bild 1: Risikograph nach EN 954-1

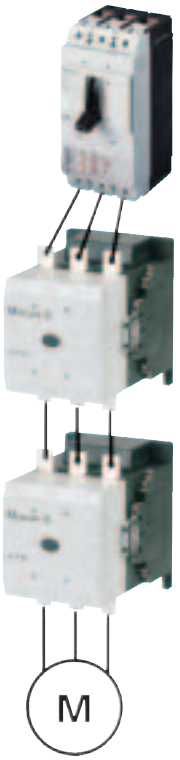


Bild 2: Redundanter Leistungsteil

Eaton Moeller mit dem CMD **C**ontactor **M**onitoring **D**evice an. Nicht ein zweites, teures und großes Leistungsschütz soll die Sicherheitsfunktion aufrecht erhalten, sondern ein kleines preiswertes Relais. Dieses vergleicht kontinuierlich den Sollzustand des Schützes anhand der Steuerspannung mit dem Ist-Zustand, der mit Hilfe eines Hilfsschalters gemeldet wird. Im Fehlerfall schaltet das CMD den vorgelagerten Leistungsschalter oder Lasttrennschalter mittels Unterspannungsspule aus.

Erweiterungen von der EN 954-1 zu der EN ISO 13849

Die eingangs beschriebene einfache Handhabung der EN 954-1 hat den Nachteil, dass sie keinerlei Aussagen über die Zuverlässigkeit der Steuerung im Lebensdauerzyklus beinhaltet. Dieser Umstand hat dazu geführt, dass die EN 954-1 nur noch für eine Übergangsfrist gültig ist. Die Nachfolgenorm EN ISO 13849 ist um einige Aspekte, die eine Aussage über das Auftreten von Fehlern machen, ergänzt worden.

PL – Performance Level

Die Abschätzung der Folgen einer versagenden Steuerung anhand der Baumstruktur mündet nach EN ISO 13489 nun nicht mehr direkt in einer Sicherheitskategorie, sondern in einem Performance Level. Hierbei können PL von „a“ bis „e“ das Ergebnis sein (**Bild 3**).
Die PL spiegeln hier die Gefahr, die von einer versagenden Steuerung ausgeht wieder. Von Maschinen mit einer Steuerungen des PL „a“ geht nur eine geringe Gefahr aus, Maschinen mit einer Steuerung des PL „e“ sind als sehr gefährlich einsortiert.
Der konkrete Performance Level, den eine Steuerung erfüllt, hängt jetzt nicht mehr nur vom Aufbau der Steuerung ab. Zusätzlich müssen qualitative Aussagen zur Lebensdauer und zur Fehlererkennung mit berücksichtigt werden.

MTTF – Mean time to failure

Von elektronischen Bauteilen ist seit langem die MTBF-Zeit (Mean time between failure) ein Maß für die Zuverlässigkeit des Bauteils oder der Steuerung. Da bei elektromechanischen Bauteilen das Bauteil nach dem ersten Fehler funktionsuntüchtig ist und ersetzt werden muss, wird hier die MTTF-Zeit (Mean time to failure) berücksichtigt. Sie ist ein Maß dafür, wie lange das Bauteil oder die Steuerung zuverlässig arbeiten. Da aus dem Blickwinkel der Sicherheitstechnik nur die gefahrbringenden Ausfälle betrachtet werden müssen, wird zur Berechnung des Performance Level die $MTTF_d$ (Mean time to failure dangerous) betrachtet.

3 Jahre <= $MTTF_d$ < 10 Jahre → niedrig
10 Jahre <= $MTTF_d$ < 30 Jahre → mittel
30 Jahre <= $MTTF_d$ < 100 Jahre → hoch

DC – Diagnosedeckungsgrad

Der Diagnosedeckungsgrad ermöglicht eine Aussage über die quantitative Anzahl der erkannten Fehler. Dahinter steckt das Vermutungsprinzip, dass eine Steuerung die eine große Anzahl der Fehler erkennt zuverlässiger ist als eine Steuerung, die kaum Fehler erkennt.

DC < 60%	→	keine Fehlererkennung
60% ≤ DC < 90%	→	niedrige Fehlererkennung
90% ≤ DC < 99%	→	mittlere Fehlererkennung
99% ≤ DC	→	höhere Fehlererkennung

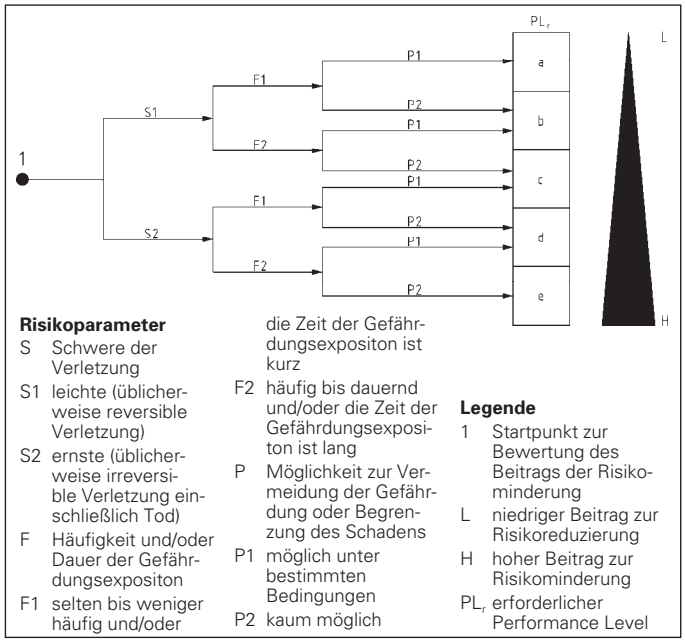


Bild 3: Risikograph nach EN ISO 13489

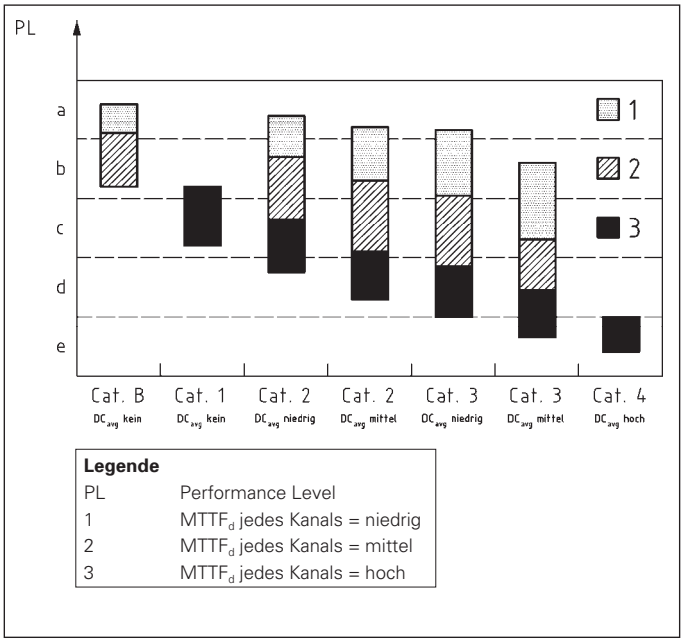


Bild 4: Performance Level

Quelle: DIN EN ISO 13849-1

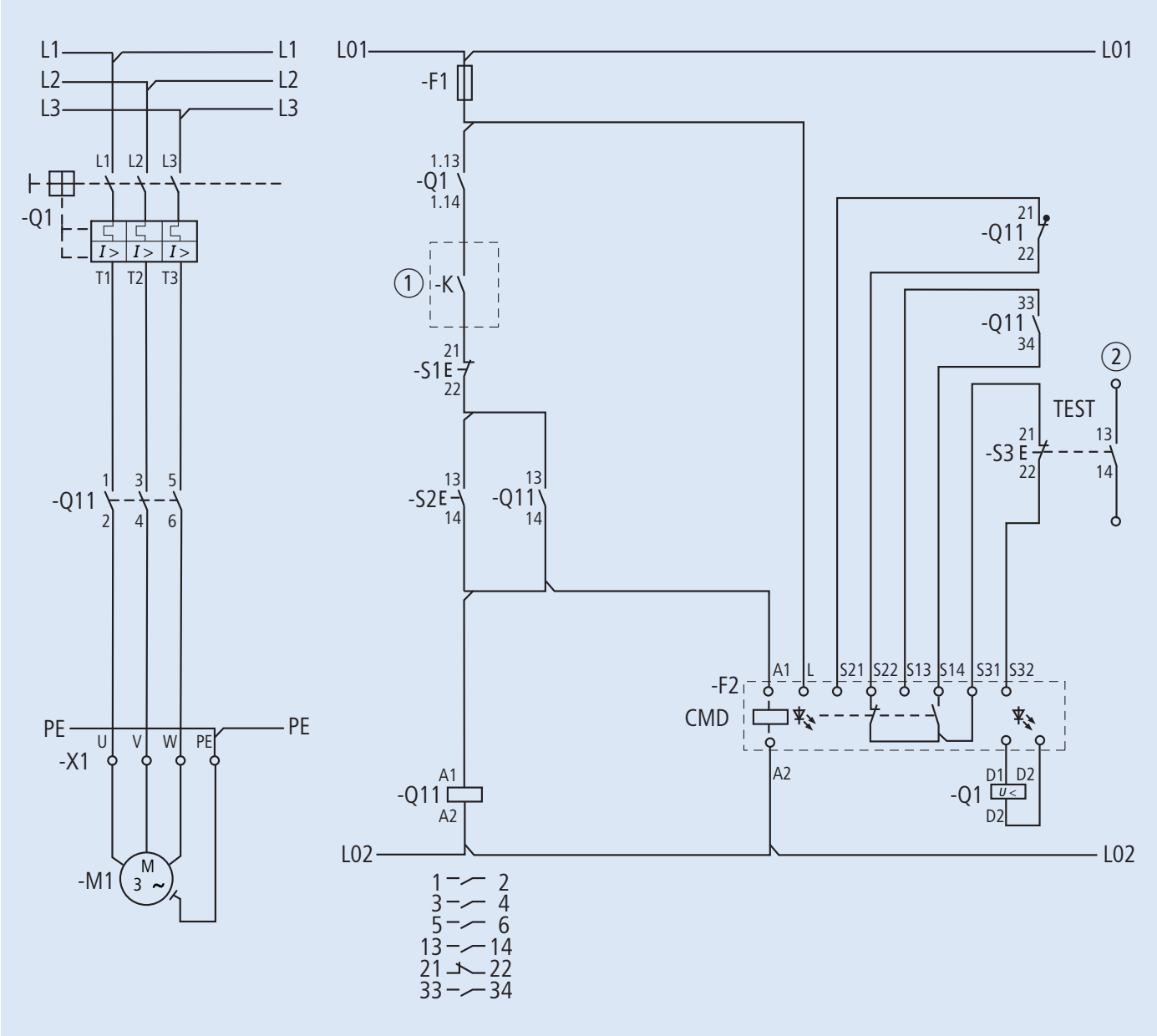


Bild 5: Schaltplan Direktstarter mit redundanter Abschaltung

Bild 6: Hohe Zuverlässigkeit durch Schützüberwachungsrelais

Fehler gemeinsamer Ursache

Um eine Fehlerhäufung zu vermeiden müssen Maßnahmen gegen Fehler gemeinsamer Ursache getroffen werden. Hierbei wird ein Maßnahmenbündel durch die Norm den Anwendern zur Verfügung gestellt.

Zusammenwirken zwischen PL, DC, $MTTF_d$

Der Performance Level den die Steuerung erfüllt, kann aus einem Balkendiagramm abgelesen werden (**Bild 4**).

Funktionsweise des CMD

Das CMD Relais hat die Aufgabe, die Leistungskontakte des Motorschüt-

Bild 7: Schützhilfsschalter mit Spiegelkontakt

zes auf Verschweißen zu überwachen. Hierzu wird die Steuerspannung der Schützspule als Sollzustand an das CMD angelegt. Auf der anderen Seite wird der Ist-Zustand des Leistungsschützes über einen Hilfsöffner zuverlässig gemeldet. Das CMD vergleicht den Soll- mit dem Ist-Zustand. Über einen Relaisausgang wird die Unterspannungsspule des vorgelagerten Leistungsschalters oder Lasttrennschalters versorgt. Im Fehlerfall wird der Leistungsschalter/ Lasttrennschalter mittels Unterspannungsspule abgeschaltet und der Motor spannungsfrei geschaltet (**Bild 5**).
Das CMD in Kombination mit dem Leistungsschalter/Lasttrennschalter erfüllt die Forderung einer redundanten Abschaltung. Trotz des Fehlers „verschweißtes Leistungsschütz" hält die Steuerung ihre Sicherheitsfunktion weiter aufrecht (**Bild 6**).

Zuverlässige Meldung mittels Hilfsschalter

Die Qualität der Meldung über den Zustand der Leistungskontakte ist in der beschriebenen Anwendung von entscheidender Bedeutung. Ein Verschweißen der Leistungskontakte muss zuverlässig erkannt werden. Die Norm für elektrische Niederspannungsschaltgeräte IEC EN 60947 hat hierfür den Begriff der Spiegelkontakte definiert. Ein Spiegelkontakt an einem Leistungsschütz ist ein Hilfsöffner, der nur Schließen kann, wenn alle Leistungskontakte geöffnet sind.
Alle Hilfsöffner an den dreipoligen Schützen DILM 7 bis DILM 1600 und DILH 1400 bis DILH 2000 und an den vierpoligen Schützen DILM P erfüllen die Anforderungen an einen Spiegelkontakt (**Bild 7**).

Bei den (Hochleistungs)-Schaltantrieben erfüllen die seitlichen Hilfsschalter NHI2-11S-PKZ2 die Anforderungen an einen Spiegelkontakt.
Da grundsätzlich auch der Hilfsöffner verschweißen kann, ist auch hier eine Überwachung notwendig. Auch hierfür hat die Norm IEC EN 60947 eine Lösung definiert. Die gegenseitige Überwachung von Hilfsschließern und Hilfsöffnern ist bei zwangsgeführten Kontakten möglich, da diese nie gleichzeitig geschlossen sein dürfen. Dies wird zur Überwachung des Spiegelkontaktes ausgenutzt. Ein zusätzlicher Hilfsschließer, der zum Spiegelkontakt zwangsgeführt sein muss, wird zusätzlich vom CMD ausgewertet. Ein Verschweißen der Hilfsschalter wird hiermit erkannt und führt auch zum Stillsetzen des Antriebs.
In den Eaton Moeller Schützreihen erfüllen alle Hilfsschalter innerhalb eines Hilfsschalterbausteins die Anforderungen an die Zwangsführung. Hilfsschließer sind gegen Hilfsöffner des gleichen Hilfsschalterbausteins zwangsgeführt. Auch im Hilfsschalterblock NHI2-11S-PKZ2 sind die Schaltantriebshilfsschalter gegeneinander zwangsgeführt.

CMD Varianten

Die Versorgungsspannung des CMD muss identisch zu der Steuerspannung des zu überwachenden Leistungsschützes sein. Um einen möglichst großen Bereich der Anwendungen abzudecken, steht das CMD in verschiedenen Steuerspannungsvarianten zur Verfügung:

Steuerspannung	Typ	Bestellnummer
24 VDC	CMD(24VDC)	106170
110 V/50 Hz, 120 V/60 Hz	CMD(110-120VAC)	106171
230 V/50 Hz, 240 V/60 Hz	CMD(220-240VAC)	106172

Heute werden die meisten sicherheitsgerichteten Steuerstromkreise in 24 VDC ausgeführt. Insbesondere bei größeren Antrieben kommen aber auch die 230 V/50 Hz, 240 V/60 Hz und im amerikanischen Bereich die 110 V/50 Hz, 120 V/60 Hz zur Anwendung. Die Varianten decken somit

Bild 8: Schützüberwachungsrelais CMD

	Schütztyp	Steuerspannung
CMD (24 VDC)	DILM 7 bis DILM 15	24 VDC
	DILM 17 bis DILM 500	RDC24
	SE1A-G-10-PKZ2, S-G-PKZ2	24 VDC
CMD (110-120 VAC)	DILM 7 bis DILM 95	110 V 50 Hz, 120 V 60 Hz 110 V 50/60 Hz
	DILM 115 bis DILM 170	RAC120
	DILM 185 bis DILM 1600	RA110, RA250
	SE1A/..-PKZ2, S-PKZ2	110 V 50 Hz, 120 V 60 Hz 110 V 50/60 Hz
CMD (220-240 VAC)	DILM 7 bis DILM 95	230 V 50 Hz, 240 V 60 Hz 220 V 50 Hz, 240 V 60 Hz 220 V 60 Hz 240 V 50 Hz 220 V 50/60 Hz 230 V 50/60 Hz
	DILM 115 bis DILM 170	RAC240
	DILM 185-S bis DILM 500-S	220-240 V 50/60 Hz
	DILM 185 bis DILM 1600	RA250, RAW250
	DILH 1400 bis DILH 2000	RAW250
	SE1A/..-PKZ2, S-PKZ2	230 V 50 Hz, 240 V 60 Hz 220 V 50 Hz, 240 V 60 Hz 220 V 60 Hz 240 V 50 Hz 230 V 50/60 Hz

die typischen Steuerspannungen für Schützansteuerungen ab (**Bild 8**).

Zugelassene Kombinationen

Um eine zuverlässige Funktion der Kombination aus Leistungsschalter/Lasttrennschalter, Leistungsschütz und CMD gewährleisten zu können, sind nur definierte Komponenten für diesen Einsatz zugelassen. Andere Leistungsschütze mit anderen Schaltzeiten oder Unterspannungsauslöser mit anderen Spannungspegeln können zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.

Leistungsschütze

Zum Aufbau der sicherheitsrelevanten Steuerungsteile sind die folgenden Leistungsschütze zugelassen:

Die Leistungsschütze müssen mit einem Hilfsöffner mit Spiegelkontaktfunktion und einem weiteren Hilfsschließer, der zum Spiegelkontakt zwangsgeführt ist, ausgerüstet sein (**Bild 9**).

Leistungsschalter/Lasttrennschalter

Das CMD ist mit den folgenden Leistungsschaltern / Lasttrennschaltern zugelassen (**Bild 10**):

Schalter	Unterspannungsauslöser
PKZ2	U-PKZ2(18VDC)
NZM1, N1	NZM1-XUVL
NZM2, N2	NZM2-XUV
NZM3, N3	NZM3-XUV
NZM4, N4	NZM4-XUV

Sicherheitsgerichtete Betrachtung des CMD

Aus dem Blickwinkel der Sicherheitstechnik besteht die Schaltung aus zwei parallelen Pfaden:

- Das Leistungsschütz
- Die Reihenschaltung aus CMD und Unterspannungsauslöser

$MTTF_d$ der Schaltung

Die $MTTF_d$ Zeit wird für beide Pfade getrennt berechnet.
Bei den Leistungsschützen ist die $MTTF_d$ Zeit im wesentlichem von den Schaltbedingungen der Applikation abhängig. Ein Schütz, das einmal am Tag schaltet wird eine wesentlich höhere MTTF Zeit erreichen als ein Schütz, das alle 5 Sekunden schalten muss (12 x 60 x 8 Schaltungen pro Tag). Eaton Moeller kann

Bild 9: Leistungsschütz mit angebauten Hilfsschaltern

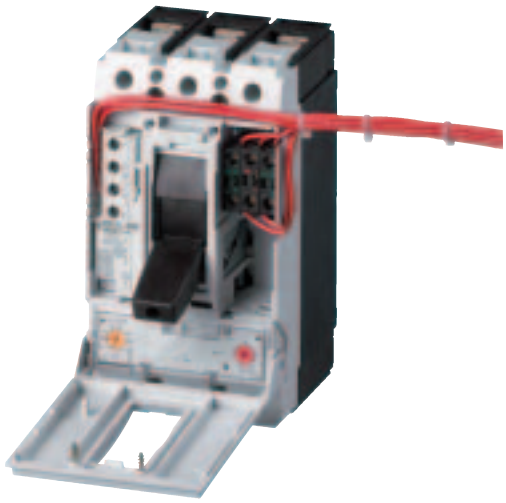


Bild 10: Leistungsschalter mit eingebautem Unterspannungsauslöser

Leistungsschütz	B_{10d}-Wert bei 400 V AC-3
DILM 7 bis DILM 12	1.3 Mio. Schaltungen
DILM 15	0.75 Mio. Schaltungen
DILM 17 bis DILM 65	1.3 Mio. Schaltungen
DILM 72	0.75 Mio. Schaltungen
DILM 80 bis DILM 150	1.3 Mio. Schaltungen
DILM 170	0.75 Mio. Schaltungen
DILM 185 bis DILM 820	1.3 Mio. Schaltungen
DILM 1000 bis DILM 1600	0.3 Mio. Schaltungen

somit keine festen MTTF Zeiten für die Betrachtung definieren. Zur Berechnung der $MTTF_d$ Zeit der konkreten Applikation stellt Eaton Moeller die B10d Werte zur Verfügung. In Kombination mit den Applikationsdaten lassen sich nach Formel 1 die $MTTF_d$ Werte der Leistungsschütze berechnen:

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0{,}1 \cdot n_{op}}$$

mit n_{op}: mittlere Anzahl jährlicher Schaltspiele
Die folgende Tabelle stellt die $B10_d$ Werte für AC-3 Applikationen bei 400V zur Berechnung zur Verfügung:
Die $MTTF_d$ Zeit des CMD Relais beträgt 125 Jahre unter der Voraussetzung, dass eine maximale Schalthäufigkeit von n_{op} = 350.400 Schaltungen / Jahr nicht überschritten wird.
Die B_{10d} Werte der Unterspannungsauslöser betragen:

Unterspannungsauslöser	B_{10d}-Wert
PKZ 2	10.000 Schaltungen
NZM 1, NZM 2	10.000 Schaltungen
NZM 3	7.500 Schaltungen
NZM 4	5.000 Schaltungen

Diagnosedeckungsgrad der Schaltung

Auch der Diagnosedeckungsgrad wird für beide Zweige getrennt berechnet. Da das Leistungsschütz betriebsmäßig geschaltet wird und der Zustand bei jeder Schaltung durch den Hilfsöffner mit Spiegelkontaktfunktion überprüft wird, ist die Fehlererkennung am Leistungsschütz sehr hoch: DC Schütz = 99 %
Im Gegensatz zum Leistungsschütz ist der Unterspannungsauslöser ein „schlafendes" Bauteil. Die Funktionstüchtigkeit des Unterspannungsauslösers kann betriebsmäßig nicht überprüft werden. Durch eine zusätzliche Testung der Schaltung einmal pro Jahr wird ein DC=90 % für den Unterspannungsauslöser erreicht.
Der Diagnosedeckungsgrad des CMD beträgt DC = 90 %

Performance Level der Schaltung

Die Parallelschaltung aus CMD und Unterspannungsauslöser zu einem Leistungsschütz erfüllt den Performance Level PL=e. Dieser Berechnung liegen die folgenden Voraussetzungen zu Grunde:

Maximale Schaltspiele des Schützes: 350.400 Schaltungen / Jahr

Maximale Schaltspiele des Unterspannungsauslösers: 1095 Schaltungen / Jahr
Bei der Berechnung des gesamten Performance Levels für die Steuerung muss jedoch noch das vor gelagerte Sicherheitsbauteil berücksichtigt werden. In Summe können hiermit Steuerungen, die dem Performance Level d genügen aufgebaut werden.

Zusammenfassung

Das CMD kommt in sicherheitsrelevanten Stromkreisen zum Einsatz. Es überwacht, ob die Hauptkontakte des Leistungsschützes verschweißt sind. Im Fall der Fälle schaltet es mit dem vorgelagerten Leistungsschalter die Applikation spannungsfrei.
Mit dem CMD können Steuerungen, die den Performance Level d erfüllen, aufgebaut werden.

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

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

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

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

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

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

Zentrale
Tel. 0228 602-5600
Fax 0228 602-5601

Schweiz
Internet: www.moeller.ch

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

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

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

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

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

Eaton Corporation

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

Eatons Electrical Sector

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

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

www.eaton.com

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

Herausgeber:
Eaton Corporation
Electrical Sector – EMEA

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

© 2010 by Eaton Industries GmbH
Änderungen vorbehalten
VER2100-961D ip 01/11
Printed in Germany (01/11)
Artikelnr.: 113747

4 015081 132874

Powering Business Worldwide

An Eaton Brand