

Explosionengeschützte Elektromotoren

Auswahl, Einstellung und Prüfen der Überlastschutzeinrichtung

H. Greiner, Aichwald

Bei den verwendeten Zündschutzarten für Elektromotoren – besonders bei der erhöhten Sicherheit „e“ – hat die Überlast-Schutzeinrichtung die für den Explosionsschutz wichtige Funktion eines Schutzsystems. Neben formalen Vorgaben hat die als Errichter tätige Elektrofachkraft eine ganze Reihe von Bedingungen für die Auswahl, Einstellung und Prüfung der entsprechenden Überlastschutzeinrichtungen zu beachten.

1 Auswahl und Einstellung

1.1 Allgemeine Anforderungen

Für den thermischen Überlastungsschutz von drehenden elektrischen Maschinen sind die Abschnitte 7 und 11.2.1 von [1] zu beachten. Die stromabhängige, zeitverzögerte Schutzeinrichtung (z. B. Bimetallrelais) für die Überwachung aller drei Phasen darf nicht höher eingestellt sein als auf den Bemessungsstrom (Nennstrom) des Motors. Sie muss bei dem 1,2-fachen Einstellstrom I_E innerhalb von zwei Stunden ansprechen, darf jedoch bei 1,05-fachem Einstellstrom innerhalb von zwei Stunden noch nicht ansprechen. Diese Kennwerte werden automatisch eingehalten, wenn das Gerät der Norm DIN EN 60947 entspricht oder wenn es einer Funktionsprüfung durch eine

benannte Stelle unterzogen wurde. Dies ist für das Inverkehrbringen seit dem Juli 2003 durch ATEX 95 vorgeschrieben.

1.2 Zusatzanforderungen bei Zündschutzart „e“

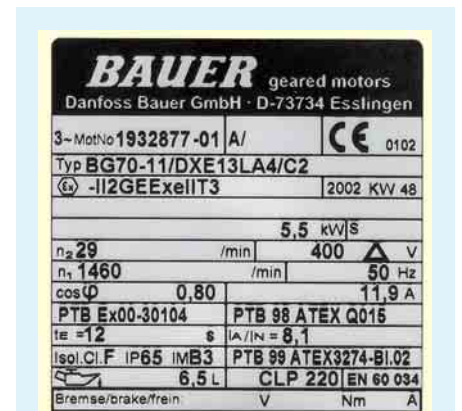
Bei Motoren der Zündschutzart „erhöhte Sicherheit – e“ muss der Motorschutz neben dem Dauerbetrieb auch den vorhersehbaren Störfall „festgebremster Läufer“ mit abdecken. Im Rahmen der Typprüfung durch eine benannte Stelle (d. h. Prüfstellen wie z. B. PTB oder TÜV) wird ermittelt, nach welcher Zeit der Schutzschalter ansprechen muss, um in der Ständerwicklung und im Käfig des Läufers mit sicherem Abstand unterhalb der Zündtemperatur des explosionsfähigen Gemisches zu bleiben. Die so ermittelte Erwärmungszeit t_E wird abgestuft für die Temperaturklassen T1, T2, T3 und T4, also für die Zündtemperaturen 450 °C, 300 °C, 200 °C sowie 135 °C in der EG-Baumusterprüfbescheinigung angegeben. Vom Leistungsschild eines Motors ist nur das im Einzelfall benötigte Wertepaar T und t_E abzulesen (Bild 1). Der Errichter muss dann einen Schutzschalter wählen, dessen Kenn-

linie diese Abschaltbedingungen erfüllt. Dies ist im Allgemeinen gewährleistet, da im Rahmen der Typprüfung darauf geachtet wird, dass nur die durch die Bimetallrelais-Hersteller technisch erfüllbaren Kombinationen von I_A/I_N und t_E zugelassen werden (Bild 2). Eine papiermäßige Überprüfung ist aber dennoch in jedem Fall notwendig. Die Kennlinie der eingesetzten Schutzeinrichtung muss nach Abschnitt 11.2.1 von [1] beim Betreiber verfügbar sein – in der Regel als Papierdokumentation in Form einer Betriebsanleitung oder eines Handbuchs (Bild 3).

1.3 Zertifizierung als Schutzsystem

In ATEX 95 heißt es im Artikel 1 (2) zu dem hier behandelten Thema:

„Unter den Anwendungsbereich dieser Richtlinie fallen auch Sicherheits-, Kontroll- sowie Regelvorrichtungen für den Einsatz außerhalb von explosionsgefährdeten Bereichen, die im



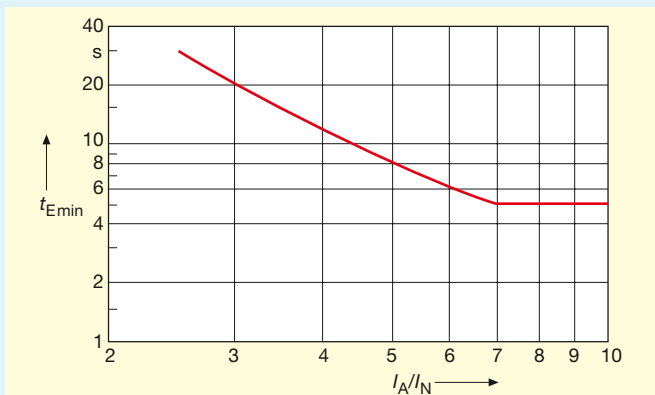
1 Leistungsschild eines Motors der Zündschutzart „e“ mit Ex-Kennzeichnung

Temperaturklasse: T3
relativer Anzugsstrom: $I_A/I_N = 8,1$
Erwärmungszeit: $t_E = 12$ s

Quelle: Danfoss Bauer

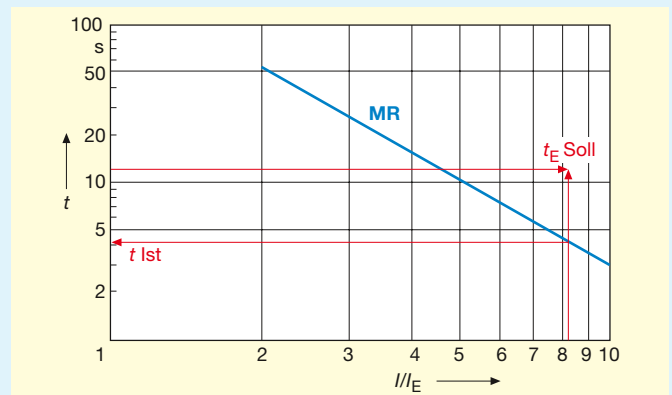
Autor

Obering. Helmut Greiner war Mitglied in verschiedenen DKE- und IEC-Gremien und ist heute als beratender Ingenieur tätig, Aichwald.



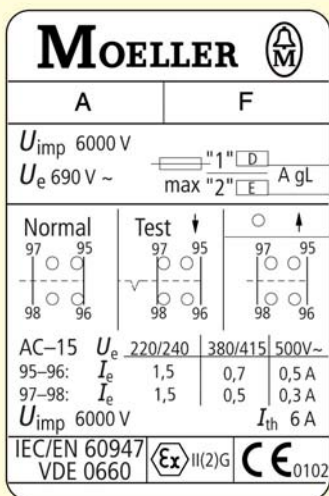
2 Mindesterwärmungszeit t_{Emin} in Abhängigkeit vom relativen Anzugsstrom I_A/I_N nach Bild 3 in [2]

Die Kennlinien der einzelnen Hersteller sind nicht genormt, erfüllen diese Vorgabe aber im Allgemeinen



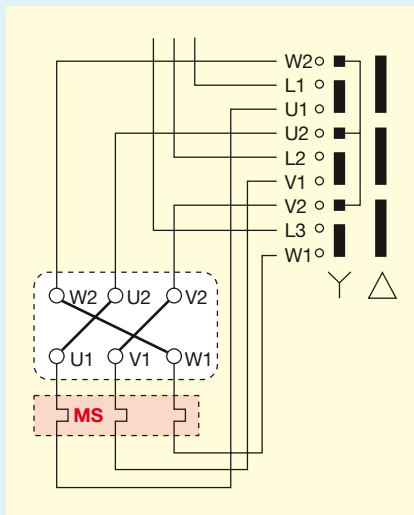
3 Überprüfung der Motorschutzkennlinie MR für einen Motor mit relativem Anzugsstrom $I_A/I_N = 8,1$ als Vielfaches des Bemessungsstroms I_N bzw. des Einstellstroms I_E

Sollwert $t_E = 12$ s; Istwert $t = 4,2$ s (d. h. Relais ist geeignet)



4 Kennzeichnung eines ATEX-konformen Motorschutzrelais für einen ex-geschützten Motor der Zündschutzart e Darf in Zone 1 (Kategorie 2) hineinwirken; Aufstellung außerhalb der Zone

Quelle: Moeller



5 Schaltbild zu der Y-Δ-Einschaltung mit Anordnung und Bemessung der Bimetallschalter MS für den Strangstrom $I_{ph} = I_N / 1,73$

Hinblick auf Explosionsgefahren jedoch für den sicheren Betrieb von Geräten und Schutzsystemen erforderlich sind oder dazu beitragen.“

In den ATEX-Leitlinien vom Mai 2000 sind im Abschnitt 4.4.1 d) auf den Seiten 21 und 22 Beispiele für solche Sicherheitseinrichtungen genannt. Darunter sind ausdrücklich auch Überlastschalter für Elektromotoren der Schutzart EEx e – erhöhte Sicherheit (Bild 4). Eine EG-Baumusterprüfbescheinigung einer benannten Stelle ist nach allgemeinem Verständnis für eine solche Einrichtung nicht zwingend erforderlich, wenn sie zusätzlich zu einer anderen zugelassenen Schutzeinrichtung verwendet wird oder wenn sie einen Antrieb in der Zone 2 oder 22 schützt, der eine EG-Konformitätserklärung des Herstellers hat und dessen Schutzeinrichtung in der Betriebsanleitung beschrieben ist.

Es ist jedoch zu empfehlen und bei entsprechender Entwicklung des Marktes auch zu erwarten, dass zertifizierte Geräte auch in den Zonen 2 oder 22 und zum Schutz von Motoren der Zündschutzart „druckfeste Kapselung – d“ (in den ATEX-Leitlinien nicht ausdrücklich genannt) verwendet werden.

1.4 Phasenausfallempfindlichkeit

Die Gefährdung von Drehstrom-Käfigläufermotoren bei Zweileiterbetrieb am gestörten Netz wurde in [3] ausführlich beschrieben. In [1] heißt es hierzu im Abschnitt 7 in allgemeiner Form:

„Es müssen Vorkehrungen getroffen sein, die den Betrieb von mehrphasigen elektrischen Betriebsmitteln (z. B. Drehstrommotoren) bei Ausfall einer oder mehrerer Netzphase(n) verhindern, wenn dies zu einer Überhitzung führen kann.“

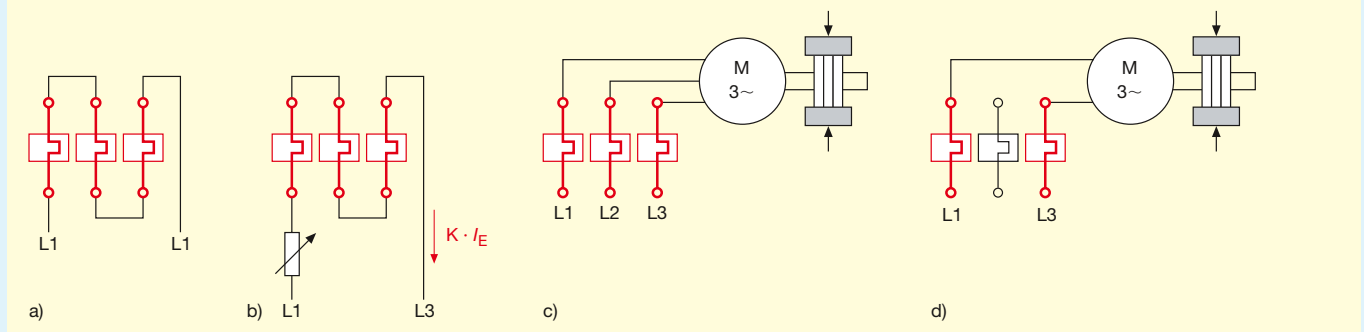
Im Abschnitt 11.2.1 ist für Motoren der Zündschutzart „e“ präzisiert:

„Die Eigenschaften von Maschinen in Dreieckschaltung im Falle des Ausfalls einer Phase sollten speziell betrachtet werden. Im Gegensatz zu Maschinen in Sternschaltung könnte der Ausfall einer Phase unbemerkt bleiben, besonders wenn er während des Betriebes auftritt. Die Auswirkung ist eine Stromunsymmetrie in den Speiseleitungen der Maschine und eine erhöhte Erwärmung des Motors. Bei einem Motor mit Wicklungen in Dreieckschaltung und einer Last mit geringem Drehmoment während des Anlaufens kann es auch möglich sein, bei diesen Fehlerbedingungen der Wicklung anzulaufen, und daher kann der Fehler über eine lange Zeit unerkannt vorhanden sein. Daher muss für Maschinen mit Wicklungen in Dreieckschaltung ein Phasenausfallschutz vorgesehen werden, der Maschinenunsymmetrien erkennt, bevor sie zu übermäßigen Erwärmungswirkungen führen.“

Es ist positiv zu vermerken, dass die aktuelle Formulierung die folgende Fassung von 1998 ersetzt:

„Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, die den Betrieb eines Drehstrommotors bei Ausfall einer Phase verhindern.“

Unter Teilbelastung stellt der Einphasenbetrieb eines Drehstrommotors nämlich noch keine akute thermische Gefährdung dar – die Anlage muss also nicht sofort bei dem Ausfall eines Netzleiters vom Netz getrennt werden. Obwohl in der Norm nicht ausdrücklich vorgeschrieben, wird die am Markt verfügbare, auf einfacher Wirkung beruhende Phasenausfallempfindlichkeit auch für den Schutz von Wicklungen in Sternschaltung empfohlen.



6 Bimetall-Relais als Motorschutzeinrichtung für Drehstrom bei

- a) durchgeschleiftem stromführenden Leiter L1 eines Einphasenmotors
- b) Strombelastung für die Überprüfung der Auslösecharakteristik im Labor (Faktor K als Mehrfaches des Einstellwertes)
- c) Strombelastung für die Überprüfung der Auslösecharakteristik vor Ort (kleinere Motoren ohne Getriebe)
- d) Strombelastung für die Überprüfung der Auslösecharakteristik vor Ort (mittlere Motoren mit oder ohne Getriebe)

Quelle: Moeller

2 Schaltung der Auslöser

2.1 Y-Δ-Anlauf und Polumschaltung

In früheren PTB-Prüfungsscheinen war festgelegt, dass bei Wicklungen in Dreieckschaltung die Bimetallrelais oder -auslöser mit den Wicklungssträngen in Reihe zu schalten und auf den Strangstrom, also den $1/1,73 = 0,58$ -fachen Motorbemessungsstrom einzustellen sind (Bild 5). Diese Forderung ist nun zwar entfallen, aber als Empfehlung nach wie vor sinnvoll, denn:

- beim Y-Δ-Anlauf ist die Wicklung geschützt, wenn nicht von Stern auf Dreieck weitergeschaltet wird und
- bei Ausfall eines Netzleiters besteht eine bessere Schutzwirkung für die Wicklung.

Bei polumschaltbaren Motoren sind für jede Drehzahlstufe getrennte Relais vorzusehen, die gegeneinander verriegelt werden müssen. Generell sind die Ströme in allen drei Außenleitern zu überwachen.

2.2 Einphasenstrommotoren

Da funktionsgeprüfte Motorschutzeinrichtungen für Einphasenstrom am Markt nicht üblich sind, wird meist die Verwendung von Drehstromgeräten empfohlen, bei denen der Leiter durchgeschleift ist. Dies ist erforderlich, um die bei Drehstromanschluss vorhandene gegenseitige Aufheizung der drei Bimetallelemente nachzubilden (Bild 6a).

3 Prüfungen

Der Errichter darf sich darauf verlassen, dass die beiden Eckpunkte der Auslösekennlinie nach Abschnitt 1.1 (für 1,05- bzw. 1,2-fachen Einstellstrom I_E) sowie auch der Auslösepunkt beim Anzugstrom I_A (Strom bei festgebremstem Läufer) innerhalb der zulässigen Toleranz eingehalten werden und durch das QS des Herstellers der Schutzeinrichtung sichergestellt sind.

Ausreichend ist sowohl bei der Erst-Inbetriebnahme wie auch bei der wiederkehrenden Prüfung eine Überprüfung der Einstellwerte. Eine

Messung der Auslösewerte (mit Vorwärmung oder versuchsmäßig aufgebrachtem Prüfstrom) ist nicht erforderlich – es sei denn, es bestehen Zweifel an der Funktionsfähigkeit des Relais (z. B. wegen äußerlich erkennbarer Beschädigung vom Transport oder durch Vorbenutzung). Hierzu heißt es in [4], Abschnitt 5.2.1:

„In Abhängigkeit von der Erfahrung kann es erforderlich oder auch nicht erforderlich sein, bei der Erstprüfung und/oder bei der wiederkehrenden Prüfung die Auslösezeiten durch Strominjektion zu messen. Die Auslösezeit muss mit der aus der Kennlinie bestimmten mit einer Toleranz von maximal + 20 % übereinstimmen.“

In [4] sind auch ausführliche Angaben über Prüftiefen und Prüfpläne für wiederkehrende Prüfungen (Kurzfassung siehe [5]). Nach der Tabelle 1 ist im Prüfplan für Motoren der Zündschutzarten „d“ und „e“ durch eine Detailprüfung u. a. zu prüfen:

B9: Die automatische elektrische Schutzeinrichtung spricht in zulässigen Grenzwerten an.

B10: Die automatische elektrische Schutzeinrichtung ist richtig eingestellt, automatische Rückstellung nicht möglich.

Der bereits zitierte Abschnitt 5.2.1 in [4] überlässt es der Erfahrung und den örtlichen Gegebenheiten in der jeweiligen Anlage, ob damit eine Prüfung der Auslösezeiten verbunden sein muss. Bezüglich der Prüfristen wird [4] nicht konkret. Hier sind die Festlegungen in der Betriebssicherheitsverordnung [5] und deren künftige Ausgestaltung in „Technischen Regeln für Betriebssicherheit“ (TRBS) zu beachten. Nach § 15 (1) und (15) hat der Betreiber die Prüfrist nach einer sicherheitstechnischen Bewertung zu ermitteln. Sie darf nicht länger als drei Jahre sein. Sollte nach den zuvor genannten Kriterien eine Funktionsprüfung der Überstromschutzeinrichtung notwendig sein, so haben sich folgende Prüfmethode bewährt, wobei jeweils die zugeordnete Auslösekennlinie des Herstellers für die Beurteilung maßgebend ist.

Kontrolle im Labor. Die Auslösekennlinie des jeweiligen Relais wird unter labormäßigen Bedingungen (z. B. mit Stelltrafo oder Stellwider-

ständen) überprüft (Bild 6b). Die Abweichung darf laut [4] bis zu + 20 % betragen.

Kontrolle vor Ort. Diese Methode ist selbstverständlich nur mit „Feuer-Erlaubnis“ – also unter Ausschluss der Explosionsgefahr – anwendbar.

Kleinere Antriebe, die sich sicher blockieren lassen, werden unter üblichen Netz- und Einstellbedingungen mit festgebremstem Läufer überprüft (Bild 6). Bei Einstellung auf den Bemessungsstrom I_N muss das Relais spätestens nach der auf dem Leistungsschild des Motors angegebenen Zeit t_E mit einer Toleranz von + 20 % auslösen. Der Versuch ist spätestens nach $1,5 \cdot t_E$ abzubrechen, um eine schädliche Erwärmung der Wicklung zu vermeiden. Mittlere und größere Motoren sind zu blockieren, falls ein Anlauf in die falsche Drehrichtung schädlich ist. Der Versuch ist im Zweileiterbetrieb, also an zwei Netzleitern, durchzuführen (Bild 6d). Relais mit Phasenausfallempfindlichkeit sprechen bei dieser Betriebsweise etwas früher an als bei normalem 3-Leiteranschluss. Relais ohne die Phasenausfallempfindlichkeit lösen in Sternschaltung nach etwa $(1,3 \text{ bis } 1,5) \cdot t_E$ aus. Der Versuch ist spätestens nach $2 t_E$ abzubrechen. Bei Auslösezeiten $> 1,5 \cdot t_E$ besteht der Verdacht, dass sich die Auslösekennlinie unzulässig verändert hat.

Literatur

- [1] DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1) Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche; Teil 14: Elektrische Anlagen für gefährdete Bereiche (ausgenommen Grubenbaue).
- [2] DIN EN 60079-7 (VDE 0171-6) Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche; Teil 7: Erhöhte Sicherheit „e“.
- [3] Greiner, H.: Phasenausfallschutz von Motoren. Elektropraktiker, Berlin 50 (1996) 3, S. 196-199.
- [4] DIN EN 60079-17 (VDE 0165-10-1) Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche; Teil 17: Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (ausgenommen Grubenbaue).
- [5] Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) vom 27.09.2002.
- [6] Greiner, H.; u. a.: Elektroinstallation und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen. Hüthig & Pflaum Verlag; München, Heidelberg 2006.