

Drehstrommotoren an der neuen Normspannung 400 V

Teil 2 : Ex-Motoren in den Zündschutzarten „d“ oder „e“

H. Greiner, Aichwald

Der Weiterbetrieb eines für 380 V ausgelegten Motors an der neuen Normspannung ist in explosionsgefährdeten Bereichen nicht nur unter dem Gesichtspunkt der Lebensdauer und Funktion zu entscheiden: Im Sinne der Sicherheit sind die relevanten Daten durch den Hersteller oder einen unabhängigen Sachverständigen zu ermitteln und zu dokumentieren.

7 Zündschutzarten „d“ und „e“

Zur Verdeutlichung der Bedeutung der beiden Zündschutzarten „d“ und „e“ werden in **Tafel 1** daher zunächst deren genormte Definitionen wiederholt.

Sowohl bei der Neubeschaffung wie beim Weiterbetrieb ergibt sich für beide Zündschutzarten eine sehr unterschiedliche Betrachtungsweise (Toleranzbereiche „A“ und „B“; siehe Teil 1 des Beitrags [1], Abschnitt 2):

Zündschutzart „d“: Ein Betrieb im Bereich „B“ ist zulässig. Die Erwärmungsprüfung für die Oberfläche erfolgt an den Eckpunkten des Bereiches „B“ (vgl. Abschnitt 10.2).
Zündschutzart „e“: Ein Betrieb im Bereich „A“ ist zulässig. Die Erwärmungsprüfung für die Wicklung erfolgt im Bemessungspunkt „RP“ (vergleiche: EN 50019:2000, Tabelle 3).

Die Einstellung des Motorschutzrelais (MR) als elementarer Bestandteil der Zündschutzart „e“ ist zu beachten.

8 Neubeschaffung

Für die Neubeschaffung von explosionsgeschützten Drehstrommotoren kann nach dem derzeitigen Stand folgende Empfehlung gegeben werden:

8.1 Wicklung und Schild für 400 V

Die tatsächliche Spannung an den Motor клемmen darf um $\pm 5\%$, also im Bereich 380 ... 420 V, schwanken.

Ein Betrieb an der „alten“ Netzspannung 380 V ist zulässig, sofern die tatsächliche Klemmenspannung 380 V oder höher ist (theoretisch bis 420 V).

Die vorhandene Konformitätsbescheinigung oder EG-Baumusterprüfbescheinigung einer benannten Stelle (also einer Prüfstelle wie PTB oder DMT/BVS) schließt die Bemessungsspannung 400 V ein, sofern als höchste Spannung 400 V oder ein höherer Wert wie z. B. 500 V oder 660 V genannt sind.

Es entstehen keine Mehrkosten und die Lieferzeit ist im üblichen Rahmen.

8.2 Wicklung/Schild für 400 V $\pm 10\%$
Diese Auslegung und Kennzeichnung von Motoren wird gelegentlich verlangt, um for-

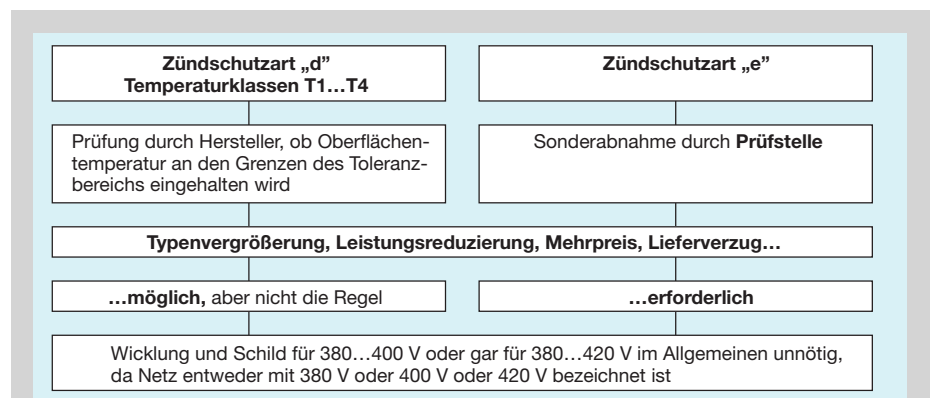
mal mit der neuen Netzbezeichnung ab dem Jahr 2003 (2008) übereinzustimmen. Sollte es bis 2008 zu der angestrebten eingegengten Netzspannungstoleranz von z. B. $\pm 6\%$ kommen, dann wäre eine Forderung für Motoren von $\pm 10\%$ überholt (vgl. Abschnitt 1.1).

Die Verfahren für die Zündschutzarten „d“ und „e“ unterscheiden sich grundsätzlich:

Bei Zündschutzart „d“ und für die Temperaturklassen T1 ... T4 prüft der Hersteller, ob die für die jeweilige Temperaturklasse zulässige Oberflächentemperatur am Motorgehäuse eingehalten wird, wenn der Motor an den Grenzen des Toleranzbereichs der Spannung mit Bemessungsleistung dauernd belastet wird.

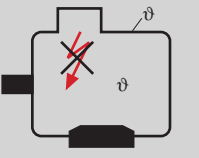
Bei Zündschutzart „e“ ist eine Sonderabnahme durch eine benannte Stelle erforderlich, die vom Hersteller durch entsprechende Werkmessungen vorzubereiten ist.

Bei Zündschutzart „d“ ist es möglich, aber nicht die Regel, und bei Zündschutzart „e“ ist es sicher, dass eine Typenvergrößerung oder Leistungsreduzierung notwendig ist und dass sich eventuell ein Mehrpreis und/oder ein Lieferverzug ergibt. Für beide Zündschutzarten gilt, dass es im Allgemeinen nicht nötig ist, den Motor mit Weitbereichswicklung für den Spannungsbereich



1 Schema der Auswahlregeln für explosionsgeschützte Motoren der Zündschutzarten „d“ und „e“ zum Betrieb an 400 V $\pm 10\%$

Tafel 1 Definition der Zündschutzarten „d“ und „e“

Symbol	Prinzip	Zündschutzart
d		druckfeste Kapselung (flameproof enclosure) Eine Zündschutzart, bei der die Teile, die eine explosionsfähige Atmosphäre zünden können, in einem Gehäuse angeordnet sind, das bei der Explosion eines explosionsfähigen Gemisches im Inneren deren Druck aushält und eine Übertragung der Explosion auf die das Gehäuse umgebende explosionsfähige Atmosphäre verhindert. Übliche Anwendung: – Umrichter- und Kältegebläse – Gleichstrommotoren
e		erhöhte Sicherheit (increased safety) Eine Zündschutzart, bei der zusätzliche Maßnahmen getroffen sind, um mit einem erhöhten Grad an Sicherheit die Möglichkeit unzulässig hoher Temperaturen und des Entstehens von Funken oder Lichtbögen im Inneren und an äußeren Teilen elektrischer Betriebsmittel, bei denen diese im normalen Betrieb nicht auftreten, zu verhindern. Übliche Anwendung: – Drehstrom-Kältegebläse

Autor

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

380 ... 400 V oder gar 380 ... 420 V zu bestellen, da das Netz am Bestimmungsort entweder mit 380 V, 400 V oder 420 V bezeichnet ist (Bild 1).

9 Weiterbetrieb

Beim Weiterbetrieb eines für 380 V bemessenen und beschilderten Motors ist zunächst unabhängig von der Zündschutzart zu prüfen, wie hoch die effektive Spannung an den Motorklemmen ist.

Liegt diese dauernd unter 400 V, so darf der Motor mit seinem alten Schild 380 V und mit der alten Einstellung des Motorschutzschalters weiterbetrieben werden.

Ist die Spannung 400 V oder höher (max. 420 V), so ist in jedem Einzelfall eine Überprüfung durch den Hersteller oder durch einen anerkannten Sachverständigen/Sachkundigen mit Herstellerunterstützung notwendig. Die Kriterien für eine solche Überprüfung ergeben sich aus Abschnitt 10.

Ein Schild für 380 ... 400 V ist im Allgemeinen unnötig, da das Netz entweder mit 380 V oder 400 V bezeichnet ist (Bild 2).

9.1 Zündschutzart „d“

Der Hersteller prüft auf Anfrage, ob die Erwärmungsgrenzen bei Neubeschilderung für 400 V nach den Prüfkriterien (s. Abschnitt 10) eingehalten sind. Ist dies der Fall, so kann er eine entsprechende Herstellererklärung ausstellen und neue Leistungsschilder zur Verfügung stellen. Es obliegt dem Betreiber, die Einstellung des Motorschutzschalters gemäß den neuen Schildangaben zu überprüfen.

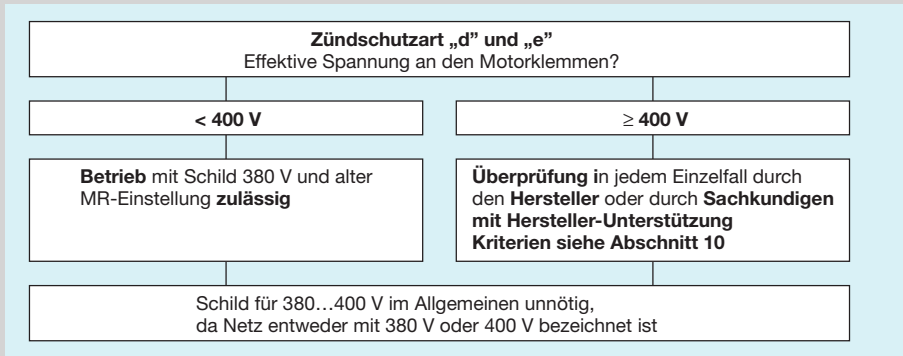
Bei negativem Prüfergebnis muss der Motor für 400 V neu gewickelt und beschildert werden. Auch in diesem Fall muss der Betreiber die Einstellung des Motorschutzschalters an die neuen Vorgaben anpassen.

9.2 Zündschutzart „e“

Bei kleinen Motoren nach der Abgrenzung in Abschnitt 5 und 11 ist eine Neuwicklung oder Neubeschaffung für 400 V zu empfehlen. Der Betreiber muss die Einstellung des Motorschutzschalters in Übereinstimmung mit dem neuen Leistungsschild bringen.

Bei mittleren oder größeren Motoren bestehen drei Möglichkeiten:

- Der Hersteller prüft unter Anwendung der Prüfkriterien nach Abschnitt 10, ob eine Umrechnung oder Ergänzungsprüfung innerhalb der thermischer Reserven möglich ist.
- Die Prüfstelle (benannte Stelle) erstellt eine Umschreibung der Konformitätsbescheinigung.
- Ein anerkannter Sachverständiger/Sachkundiger prüft, ob ein Weiterbetrieb im

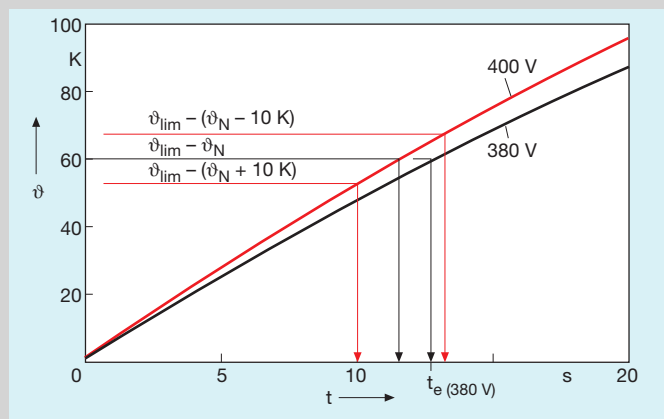


2 Schema für den Weiterbetrieb von explosionsgeschützten Motoren der Zündschutzklassen „d“ und „e“ mit Wicklungen für 380 V an einem Netz mit 400 V

Temperaturklasse	T3	T4	T5	T6
Zündtemperatur (°C)	> 200	> 135	> 100	> 85
Max. zulässige reduzierte Oberflächentemperatur (°C) bei Prüfung mit U_N ¹⁾	180	120	90	75
Max. zulässige volle Oberflächentemperatur (°C) bei Einzelprüfung mit $U_N \pm 10\%$ nach EN 50014, 23.4.6.1 ¹⁾	195	130	95	80

¹⁾ Die Überprüfung der vollen oder reduzierten maximal zulässigen Oberflächentemperatur ist wahlweise anzuwenden

Tafel 2 Grenzen der Oberflächentemperatur bei explosionsgeschützten Motoren der Zündschutzart „d“



3 Beispiel für die Änderung der Zeit t_e bei Betrieb eines 380-V-Motors der Zündschutzart „e“ an 400 V

Rahmen der Normen und Bestimmungen möglich ist und stellt hierzu eine Bescheinigung aus.

In allen drei Fällen ist die Einstellung des Motorschutzschalters zu überprüfen.

10 Prüfkriterien für den Weiterbetrieb an 400 V

Für die Entscheidung, ob ein Weiterbetrieb an 400 V zulässig ist, sind die folgenden sicherheitsrelevanten Werte zu prüfen bzw. zu ermitteln:

10.1 Zündschutzarten „d“ und „e“

Für beide Zündschutzarten ist die Einhaltung der maximal zulässigen Grenztemperaturen an

- der Isolierung von Durchführungen,
 - Kabeleinführungen,
 - Aderverzweigungen,
 - Dichtungen am Anschlusskasten und
 - Kunststoffteilen
- zu überprüfen.

10.2 Zündschutzart „d“

Bei dieser Zündschutzart ist rechnerisch die Einhaltung der zulässigen Oberflächentemperaturen zu prüfen. Die Grenzwerte sind in Tafel 2 genannt.

10.3 Zündschutzart „e“

Hier gilt es, die Werte zu ermitteln von

- Übertemperatur in Stator und Rotor,
- Bemessungsstrom,
- Erwärmungszeit t_E und
- Verhältnis I_A/I_N .

Wird ein für 380 V gewickelter Motor an 400 V betrieben, so ändern sich unabhängig von Auslegung und Auslastungsgrad das für die Kennzeichnung und für die Sicherheit im Blockierungsfall wichtige Wertepaar I_A/I_N und die Erwärmungszeit t_E .

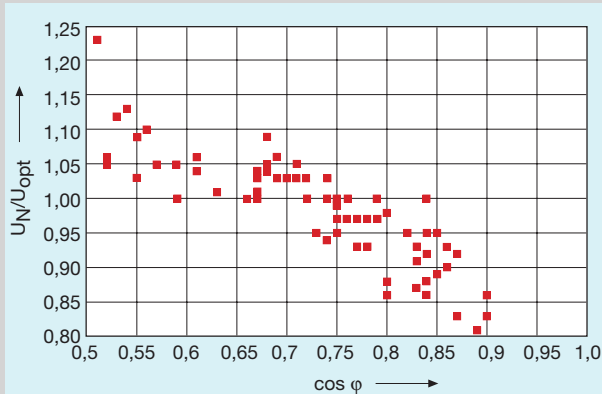
Bild 3 zeigt beispielhaft, dass sich die Erwärmung im Kurzschluss um ca. 10 % erhöht. Für die Übertemperatur bei Betrieb mit Bemessungsleistung wurden – je nach Auslegung des Motors gemäß den vorangegangenen Betrachtungen – im Beispiel drei verschiedene Annahmen getroffen:

Gruppe	$\cos \varphi$	Nennstrom bei 400 V	Weiterbetrieb
A	> 0,85	100 %	möglich
B	0,70 ... 0,85	105 %	wahrscheinlich möglich
C	< 0,70	> 105 %	nicht möglich; neue Wicklung f. 400 V

Tafel 3 Vorentscheidung für einen Weiterbetrieb an 400 V

Voraussetzungen:

- Wicklung 380 V, 50 Hz
- Ex d: Pauschale Konformitätsbescheinigung für T4
- Ex e: Erwärmungszeit t_E deutlich größer als 5 s



5 Auswertung von rund 70 Messungen zum Zusammenhang zwischen Leistungsfaktor $\cos \varphi$ im Bemessungspunkt und relativer Lage der Bemessungsspannung zum Optimum (U_N / U_{opt})

Quelle: Danfoss Bauer

- ϑ_N gleichbleibend $\Rightarrow$ Änderung der Zeit t_E von 12,7 auf 11,5 s
- ϑ_N um 10 K höher $\Rightarrow$ Änderung der Zeit t_E von 12,7 auf 10 s
- ϑ_N um 10 K niedriger $\Rightarrow$ Änderung der Zeit t_E von 12,7 auf 13,2 s.

11 Leistungsfaktor als Maßstab für die optimale Flussdichte

Das in Abschnitt 5 beschriebene Verfahren setzt entsprechende Messungen unter Nennlast voraus, die im Allgemeinen nur vom Hersteller im Zuge der Typentwicklung durchgeführt werden. Ein Urteil über die Weiterverwendbarkeit eines Motors am neuen 400-V-Netz macht also eine Rücksprache mit dem Hersteller erforderlich. Wünschenswert ist daher ein Verfahren, das eine sofortige Beurteilung anhand der Leistungsschildangaben erlaubt.

Der Leistungsfaktor sagt aus, wo die magnetische Flussdichte (Induktion) im Bemessungspunkt relativ zum Optimum liegt. Ein niedriger Leistungsfaktor zeigt einen hohen Blindstromanteil und die Induktion liegt damit oberhalb des Optimums. Umgekehrt zeigt ein hoher Leistungsfaktor einen niedrigen Blindstromanteil und die Induktion liegt somit unterhalb des Optimums (Bild 4).

In einer grundlegenden Untersuchung [10] hat Graß den Zusammenhang zwischen Leistungsfaktor und Stromaufnahme (Übertemperatur) bei erhöhter Spannung aufgezeigt. Eine Auswertung von etwa 70 Messungen bei Danfoss Bauer hat diese Zusammenhänge weitgehend bestätigt (Bild 5).

Beim Vergleich mit [1], Abschnitt 5 lassen sich folgende Zusammenhänge ableiten:

- Bei Motoren mit einem Leistungsfaktor > 0,85 liegt die Bemessungsspannung unterhalb des Optimums

- Bei Motoren mit einem Leistungsfaktor von 0,7 ... 0,85 liegt die Bemessungsspannung nahe beim Optimum
- Bei Motoren mit einem Leistungsfaktor < 0,7 liegt die Bemessungsspannung oberhalb des Optimums.

Hieraus sind die in Tafel 3 aufgeführten Regeln für das voraussichtliche Ergebnis der in jedem Einzelfall obligatorischen Prüfung durch den Hersteller herzuleiten.

12 Zusammenfassung

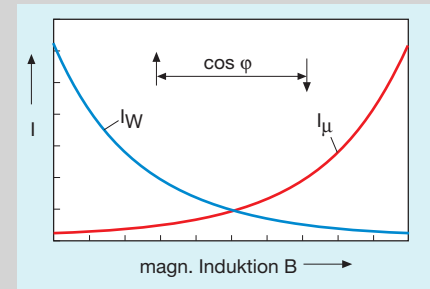
Als Voraussetzung für den technisch und formal ordnungsgemäßen Weiterbetrieb eines für 380 V gewickelten und beschriebenen Ex-Motors an 400 V Netzspannung ist die Einschaltung des Herstellers erforderlich. In der Regel ist nur diesem eine Entscheidung anhand von aus der Typprüfung vorhandenen Unterlagen möglich.

Eine Neuabnahme unter Wiederholung der vollständigen Typprüfung an 400 V ist theoretisch denkbar, aber vergleichsweise sehr aufwändig.

Bei Motoren der Zündschutzart „d“ genügt die rechnerische Überprüfung der Grenzen für die Oberflächentemperatur, die häufig auch bei 400 V $\pm 10\%$ eingehalten werden können.

Der Hersteller bestätigt das positive Ergebnis seiner Prüfung in Form einer Herstellererklärung.

Bei Motoren der Zündschutzart „e“ ist eine umfangreiche rechnerische Überprüfung und eine Neufestlegung der Werte I_A/I_N



4 Leistungsfaktor als Maßstab für die optimale Flussdichte

und t_E erforderlich. Der amtlich anerkannte Sachverständige des Herstellers stellt eine Prüfbescheinigung als Ergänzung zur EG-Baumusterprüfbescheinigung aus.

In beiden Fällen liefert der Hersteller neue Leistungsschilder, die fachgerecht ohne Beeinträchtigung von IP-Schutzart und Zündschutzart am Motor anzubringen sind.

Die Funktion des Sachverständigen/Sachkundigen ist in einem Rundschreiben des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung festgelegt [12].

Literatur

- [1] Greiner, H.: Drehstrommotoren an der neuen Normspannung 400 V. Teil 1: Normmotoren ohne Explosionsschutz. Elektropraktiker, Berlin 57(2003)2, S. 128-131
- [2] IEC 38 (1983) (umbenannt in IEC 60038); IEC Standard Voltages
- [3] DIN IEC 38 (1987); IEC-Normspannungen
- [4] DIN EN 60034-1 / VDE 0530 Teil 1 (1995); Drehende elektrische Maschinen. Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten
- [5] Seinsch, H. O. und Mitarbeiter d. DKE-Komitees 311: Drehende elektrische Maschinen. Erläuterungen zu DIN VDE 0530. VDE-Schriftenreihe - Normen verständlich Band 10. 6. Aufl. 1997
- [6] DIN 42961/07.80 Leistungsschilder für elektrische Maschinen
- [7] Buchdrucker, Kopak, Lange-Hüsken: Was bedeutet die neue Nennspannung 230/400 V? DIN-Mitteilungen 70, 1991, Nr. 8
- [8] Seinsch, H. O.: Besteht ein Zusammenhang zwischen den Normspannungen nach DIN IEC 38 und der Bemessungsspannung von Drehstrom-Induktionsmotoren nach VDE 0530, Teil 1? Elektrizitätswirtschaft, Jahrgang 90 (1991), Heft 11
- [9] Engel, U. und Wickboldt, H.: Explosionsgeschützte Drehstrommotoren und die neuen Normspannungen. ETZ Band 112 (1991), Heft 20
- [10] Graß, H.: Verhalten explosionsgeschützter Drehstrommotoren bei 400 V. ETZ Band 113 (1992), Heft 21
- [11] Greiner, H.: Explosionsschutz bei Getriebemotoren. Sonderdruck SD 302 der Fa. Danfoss Bauer GmbH, Abschnitt 16
- [12] Fähnrich, R.; Mattes, H.: Explosionsschutz. Kommentar zur ExVO und BetrSV. Abschnitt 6013; Rundschreiben III b6 - 35472 d. BMA v. 22.03.1995

Anzeige

Zinsberechnungen

Kostenloses Zinsberechnungsprogramm unter
www.softwarekosten-sparen.de