

## ATEX-Anforderungen an Motorschutzeinrichtungen

	<p>Thermistors PTC DIN 44081/82-145 Relais funktionsgeprüft / function tested  II (2) G D <math>t_A</math> 28 s / 20 °C <math>U_N</math> <math>I_A/I_N</math> 5,0</p>	

# ATEX-Anforderungen an Motorschutzeinrichtungen

## EG-Baumusterprüfbescheinigung für die Funktionsprüfung

Obering. H. Greiner

Nach den ATEX-Richtlinien dürfen ab 01.07.2003 für den Überlastungsschutz explosionsgeschützter elektrischer Maschinen nur noch Schutzeinrichtungen in Verkehr gebracht werden, deren sichere Funktion nachgewiesen ist. Als Nachweis dient in der Kategorie 2 die EG-Baumusterprüfbescheinigung einer benannte Stelle und in der Kategorie 3 ein Hinweis in der EG-Konformitätserklärung oder in der Betriebsanleitung des Herstellers.

### 1 Formale Hintergründe

Mit der Kurzform "ATEX" werden zwei EG-Richtlinien bezeichnet, die das "Inverkehrbringen" und den Betrieb von explosionsgeschützten Betriebsmitteln und Anlagen regeln (siehe Kasten).

<b>ATEX</b>	abgeleitet von <b>A</b> tmosphères <b>ex</b> plosibles; übliche Kurzbezeichnung unter Verwendung der Artikel-Nummer der Verträge zur Gründung der EU
<b>ATEX 100a</b>	Richtlinie 94/9/EG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen; jetzt mit neuer Artikel-Nummer 95 daher korrekt <b>ATEX 95</b> (jedoch weiterhin meist als ATEX 100a zitiert) verbindlich für das <b>Inverkehrbringen</b> ab 01.07.2003
<b>ATEX 118a</b>	Richtlinie 1999/92/EG über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können; jetzt mit neuer Artikel-Nummer 137 <b>daher korrekt ATEX 137 (jedoch weiterhin meist als ATEX 118a zitiert)</b> verbindlich für <b>Errichtung</b> neuer Anlagen ab 01.07.2003 verbindlich für die <b>Anpassung</b> bestehender Anlagen ab 01.07.2006

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

"Unter den Anwendungsbereich dieser Richtlinie fallen auch Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen für den Einsatz außerhalb von explosionsgefährdeten Bereichen, die im 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 21/22 Beispiele für solche Sicherheitseinrichtungen genannt; darunter ausdrücklich auch "Überlastschalter für Elektromotoren der Schutzart EEx e erhöhte Sicherheit".

Weitere Beispiele sind bei sinngemäßer Auslegung, z. B. nach dem PTB-Merkblatt "EG-Baumusterprüfbescheinigungen für Motorschutzgeräte" [1]:

- Überlastrelais mit thermischen Bimetall-Auslösern
- Elektronische Überlastrelais
- TMS-Auslösegeräte für PTC-Fühler
- PT 100 Fühler
- Sanftanlaufgeräte mit integriertem oder getrenntem TMS

wenn sie als **Alleinschutz** für Motoren in den **Zonen 1 und 21** verwendet werden.

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 verwendet werden.

## 2 Motorschutzschalter mit thermisch verzögertem Bimetall-Auslöser

Vor allem bei der Zündschutzart "e" übernimmt der Überlastungsschutz des Motors eine wichtige Funktion. Im Abschnitt 11.2.1 der Errichtungsbestimmungen [2] heißt es:  
 "Um den Anforderungen ... zu entsprechen, müssen stromabhängig verzögerte Überlastschutzeinrichtungen so ausgelegt sein, dass nicht nur der Motorstrom überwacht, sondern auch der festgebremste Motor innerhalb der auf dem Leistungsschild angegebenen Zeit  $t_E$  abgeschaltet wird. Die Strom/Zeit-Kennlinien, die die Verzögerungszeit des Überlastrelais oder Überlastauslösers als eine Funktion des Verhältnisses von Anzugsstrom zu Bemessungsstrom angeben, müssen beim Betreiber verfügbar sein.  
 Diese Kennlinien geben die Auslösezeit an, aus dem kalten Zustand bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C und für ein Anzugsstromverhältnis ( $I_A/I_N$ ) von mindestens 3 bis 8. Die Schutzeinrichtungen müssen die angegebenen Auslösezeiten mit einer zulässigen Abweichung von  $\pm 20\%$  einhalten.  
 Bei Wicklungen in Dreieckschaltung ist die Auslösezeit bei festgebremstem Motor und bei Phasenausfall mit dem 0,87fachen Motoranzugsstrom zu überprüfen."

Bild 2.1 soll zeigen, wie gravierend sich Abweichungen in der Toleranz der Auslösezeit eines Bimetall-Relais auf den Explosionsschutz eines für T3 ausgelegten Käfigläufermotors auswirken können. Die durch Versuch und Rechnung rechnerisch ermittelte Erwärmungszeit  $t_{E(r)}$  wird nach den PTB-Prüfregeln auf den Nominalwert  $t_{E(nom)}$  reduziert und gerundet und erscheint als  $t_E$  auf dem Leistungsschild. Würde ein außerhalb der Toleranz liegendes, unzulässiges Bimetallrelais erst nach  $t_{E(tol)} = 7,5$  s ansprechen, so würde sich der temperaturkritische Oberstab des Läufers um etwa 105 K über seine Ausgangstemperatur erwärmen. Bei der genormten Umgebungstemperatur von 40 °C und einer bereits im Nennbetrieb erreichten Übertemperatur von 60 K wäre seine Temperatur 205 °C – also schon über der Zündtemperatur von 200 °C für Gase der Temperaturklasse T3.

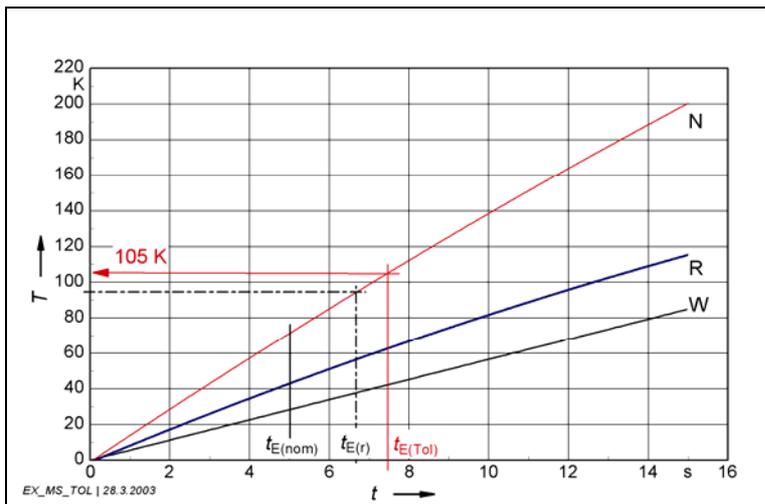


Bild 2.1  
 Temperaturanstieg in der Wicklung (W), in der Obernute (N) und im Ring (R) eines Kurzschlussläufers mit ausgeprägter Stromverdrängung bei festgebremstem Läufer an voller Spannung  
 bei Sollwert von  $t_{E(nom)} : 75$  K  
 bei verlängerter  $t_{E(tol)} : 105$  K

Quelle: In Anlehnung an Bild 8 der PTB-Prüfregeln [4]

Bild 2.2 zeigt die Kennzeichnung eines ATEX-konformen Motorschutzrelais, wie es ab dem 01.07.03 in Verkehr gebracht werden muss.

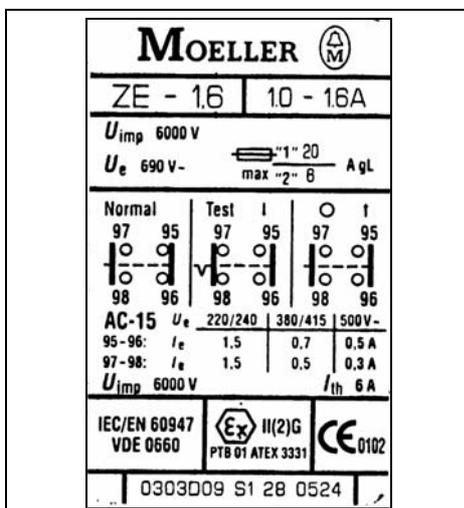


Bild 2.2  
 Kennzeichnung eines ATEX-konformen Motorschutzrelais für einen explosionsgeschützten Motor der Zündschutzart "e"

Gerät darf in Zone 1 (Kategorie 2) hineinwirken

Aufstellung des Gerätes außerhalb der Zone

### 3 Elektronische Motorschutzrelais

Bei diesen Relais kann die thermische Charakteristik eines Motors simuliert werden; die Auslösecharakteristik entspricht also weitgehend der thermischen Belastbarkeit des Motors. Zusätzlich können überwacht werden: Phasenausfall, Netzsymmetrie, Erdschluss, Überlast, Wiedereinschaltbereitschaft [3]. Diese Relais erfordern eine sorgfältige Einstellung bei Inbetriebnahme nach Parametern, die der Motorhersteller liefern kann. Ihr relativ hoher Preis beschränkt derzeit die Verwendung auf größere Maschinen, Hochspannungsmotoren oder Einsatzfälle, bei denen eine hohe Verfügbarkeit verlangt wird. Zunehmend werden diese Relais auch mit Baumusterprüfbescheinigung zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen angeboten und verwendet, weil sie die zentrale Überwachung der Antriebe aus einer Leitwarte ermöglichen.

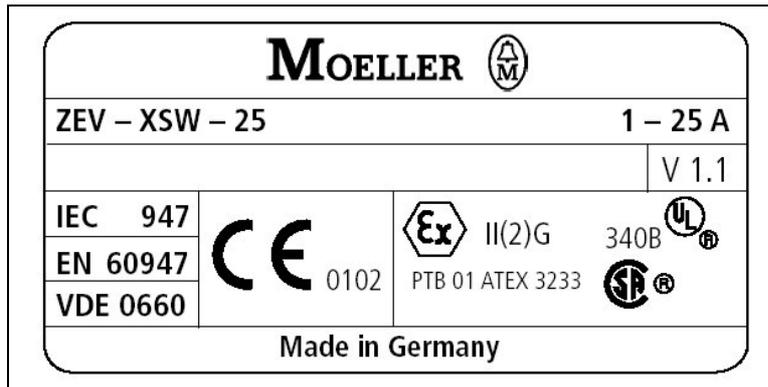


Bild 3  
Kennzeichnung eines elektronischen Motorschutzrelais mit ATEX-Konformität zum Schutz eines explosionsgeschützten Motors in der Zone 1 (Kategorie 2) Aufstellung des Gerätes außerhalb der Zone

### 4 TMS-Auslösegeräte für PTC-Fühler (Thermistorschutz)

Bei vielen Anwendungsfällen ist der Strom allein kein Maßstab für die Erwärmung der Ständerwicklung und des Rotorkäfigs; z. B. bei Schalt- und el. Bremsbetrieb, Kurzzeitbetrieb S2 oder Aussetzbetrieb S3, Betrieb am Umrichter mit niedrigen Drehzahlen und dadurch reduzierter Kühlung, erhöhter Umgebungstemperatur oder Behinderung der Kühlluftzufuhr.

In diesen Fällen haben sich temperaturabhängige Widerstände (Thermistoren) bewährt, die nach den Errichtungsbestimmungen für Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen alternativ zu den stromabhängigen Auslösern zugelassen sind. In **EN 60079-14** (7 b) und 11.2.2) ist sinngemäß festgelegt:

"Als Überlast-Schutzeinrichtung kann wahlweise ... eine Einrichtung zur direkten Temperaturüberwachung mit eingesetzten Temperaturfühlern ... eingesetzt werden.

Um diesen Anforderungen zu entsprechen, müssen die Wicklungstemperaturfühler in Verbindung mit den Schutzeinrichtungen für den thermischen Schutz auch bei festgebremster Maschine geeignet sein. Der Einsatz von eingebetteten Temperaturfühlern zur Überwachung der Maschinen-Grenztemperatur ist nur zulässig, wenn in der Maschinendokumentation ein solcher Einsatz festgelegt ist. Der Typ des eingebauten Temperaturfühlers oder der zugehörigen Schutzeinrichtung ist auf der Maschine angegeben."

Für den vorhersehbaren Störfall "festgebremster Läufer" bietet das stromabhängige Bimetall einen schnellen und wirksamen Schutz – siehe Abschnitt 2. Wenn der TMS neben dem Schutz bei Dauerbetrieb auch diesen Störfall als "Alleinschutz" übernehmen soll, müssen besonders hohe Anforderungen an die handwerkliche Qualität des Einbaus der Fühler und an die Funktion des Auslösegerätes gestellt werden. Das Bild 4.1 soll die hieraus resultierende Problematik dieser Schutzeinrichtung verdeutlichen:

Die elektrische Isolierung erschwert den Wärmeübergang vom Wickeldraht zum Thermistor und führt zwangsläufig zu einer Temperaturdifferenz zwischen Kupfer und Temperaturfühler, die bei Dauerbetrieb (S1) durch entsprechende Wahl der Nennansprechtemperatur (NAT) kompensiert werden kann.

Beim raschen Temperaturanstieg im Kurzschlussfall (blockierter Läufer  $n_{\text{rotor}} = 0$ ) bestehen je nach "**thermischer Ankoppelung**" eine mehr oder weniger ausgeprägte Verzögerung und ein Temperaturüberlauf, die sich durch die "Kopplungszeitkonstante"  $T_K$  und die Temperaturdifferenz  $\Delta\theta$  darstellen lässt und für deren Überprüfung die Ansprechzeit  $t_A$  einen wichtigen, auf einem Zusatzschild anzugebenden Maßstab darstellt (vgl. PTB-Prüfregeln, Abschnitt 6.3.3).

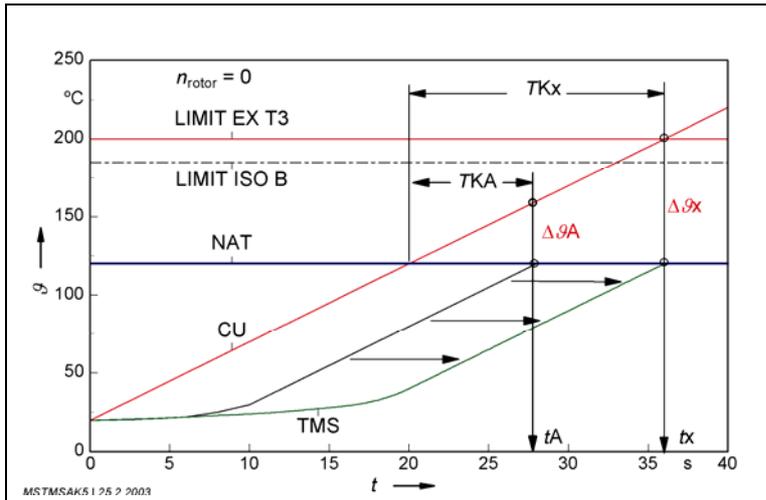


Bild 4.1  
Einfluss einer guten (A) und einer schlechten (x) thermischen Ankoppelung (TK) auf die Ansprechzeit  $t$  der Thermistoren und den daraus resultierenden Temperaturüberlauf  $\Delta\theta$

Die vom **Hersteller in einer Typenprüfung** ermittelte optimale Zuordnung von NAT und thermischer Ankoppelung wird auf einem Zusatzschild (Bild 4.1) dokumentiert, das auf diese Weise auch die Ausführung "TMS als Alleinschutz" anzeigt. Das Zusatzschild ist bei der Auswahl der Schutzeinrichtung zu beachten. Das zugehörige Auslösegerät ist sinngemäß gekennzeichnet (Bild 4.2), die zugehörige EG-Baumusterprüfbescheinigung ist in Bild 4.3 gezeigt

<p>Thermistors PTC DIN 44081/82-145 Relais funktionsgeprüft / function tested</p> <p><b>Ex</b> II (2) G D</p> <p><math>t_A</math> 28 s / 20 °C <math>U_N</math> <math>I_A/I_N</math> 5,0</p>	<p><b>MOELLER</b> </p> <p><b>EMT6</b> AC 24...240V 50/60Hz DC 24...240V</p> <p>T1 A1 13 21 T2 A2 14 22</p> <p><b>Ex</b> II(2)GD  PTB 02 ATEX 3162 A006653</p> <p>B 300  TIGHTENING TORQUE 1,2 Nm  AWG 20 - 14 340B LISTED</p> <p><math>U_e</math> 240V ~ 400V ~ <math>I_b</math> AC-15 3A AC-14 3A <math>I_{th}</math> 6A III/3</p> <p><b>CE</b> DIN VDE 0660-303 A 0102 IEC 60947</p>
--	--

(2) - Wirkt in Kategorie 2 hinein, ist aber außerhalb aufgestellt

G D – geeignet für Bereiche mit Gas und/oder Staub

Bild 4.1  
Zusatzschild auf einem explosionsgeschützten Motor mit Anforderungen an das Auslösegerät für TMS als Alleinschutz

Bild 4.2  
Kennzeichnung eines ATEX-konformen Auslösegerätes für PTC-Thermistoren

Die Ansprechzeit  $t_A$  bezieht sich auf die Prüfung mit festgebremstem Läufer; sie ist bei Bemessungsspannung  $U_N$  bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C und beim angegebenen relativen Anzugsstrom zu erwarten. Sie ist ein Maß für die thermische Ankoppelung zwischen Fühler und Kupfer. Wenn keine besonderen Gründe vorliegen, ist es **nicht** erforderlich, die Funktion der Schutzeinrichtung bei der **Erstprüfung** und/oder bei der **wiederkehrenden Prüfung** praktisch zu prüfen.

Nach einer **Neuwicklung** im Zuge einer Instandsetzung ist die amtlich anerkannte befähigte Person allerdings verpflichtet, die thermische Ankoppelung auf den Sollwert zu prüfen; eine Abweichung von  $t_A + 20\%$  ist erlaubt (PTB-Prüfregeln [4]; Abschnitt 10.2).

Bei einer Durchgangsprüfung oder Widerstandsmessung der PTC-Fühler dürfen maximal 2,5 V DC pro Fühler (in der Regel drei in Reihenschaltung) angelegt werden, sonst besteht Gefahr der Zerstörung.

Die maximale Bemessungsspannung im PTC-Auslösegerät beträgt je nach Hersteller 25 ... 30 V



### EG-Baumusterprüfbescheinigung

- (1)
- (2) Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen - Richtlinie 94/9/EG
- (3) EG-Baumusterprüfbescheinigungsnummer  
**PTB 02 ATEX 3162**
- (4) Gerät: Thermischer Maschinenschutz (TMS), Typen EMT6-...
- (5) Hersteller: Moeller GmbH
- (6) Anschrift: Hein-Moeller Str. 7-11, 53115 Bonn, Deutschland
- (7) Die Bauart dieses Gerätes sowie die verschiedenen zulässigen Ausführungen sind in der Anlage und den darin aufgeführten Unterlagen zu dieser Baumusterprüfbescheinigung festgelegt.
- (8) Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt bescheinigt als benannte Stelle Nr. 0102 nach Artikel 9 der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 23. März 1994 (94/9/EG) die Erfüllung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für die Konzeption und den Bau von Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß Anhang II der Richtlinie.  
Die Ergebnisse der Prüfung sind in dem vertraulichen Prüfbericht PTB Ex 02-32149 festgehalten.
- (9) Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen werden erfüllt durch Übereinstimmung mit  
**EN 60947-1; EN 60947-5    DIN VDE 0660 Teil 302 und Teil 303    EN 60079-14**
- (10) Falls das Zeichen „X“ hinter der Bescheinigungsnummer steht, wird auf besondere Bedingungen für die sichere Anwendung des Gerätes in der Anlage zu dieser Bescheinigung hingewiesen.
- (11) Diese EG-Baumusterprüfbescheinigung bezieht sich nur auf Konzeption und Prüfung des festgelegten Gerätes gemäß Richtlinie 94/9/EG. Weitere Anforderungen dieser Richtlinie gelten für die Herstellung und das Inverkehrbringen dieses Gerätes. Diese Anforderungen werden nicht durch diese Bescheinigung abgedeckt.
- (12) Die Kennzeichnung des Gerätes muß die folgenden Angaben enthalten:



II (2) G

Zertifizierungsstelle Explosionsschutz  
Im Auftrag

Braunschweig, 10. Juni 2003

Dr.-Ing. F. Lienesch  
Oberregierungsrat



Bild 4.3  
Beispiel einer  
EG-Baumusterprüfbescheinigung  
für ein Thermistor-Auslösegerät;  
zugelassen zur Überwachung  
eines Drehstrommotors in der Zone  
1 (Kategorie 2).

Aufstellung des Auslösegerätes  
außerhalb der Zone

Im Bedarfsfall ist das vollständige,  
3seitige Dokument zu beachten

Mit der "1. Ergänzung" vom  
11.02.2004 und dem Prüfbericht  
PTB Ex 03-33379 wurde die  
Gerätereihe zur wahlweisen  
Verwendung in Bereichen mit  
Explosionsgefahr durch Gas oder  
Staub geprüft und zugelassen

Kennzeichnung: II (2) G D

## 5 Widerstandsthermometer mit PT 100-Fühlern

Bei manchen Anwendungen – vor allem mit größeren Maschinen – ist es erforderlich, die Temperatur der Wicklung oder eines Lagers nicht nur zu begrenzen, sondern zu **messen** und visuell oder automatisch mit einem Sollwert zu vergleichen. Die fast lineare Temperaturabhängigkeit des Widerstandes von Metallen eignet sich gut für dieses Verfahren. Wegen der hohen chemischen Beständigkeit und der guten Reproduzierbarkeit der elektrischen Eigenschaften werden Sensoren aus Platin bevorzugt, wie sie in DIN EN 60751 genormt und in [5] ausführlich beschrieben sind. Die Kennlinie eines PT 100-Temperaturfühlers ist in Bild 5 gezeigt.

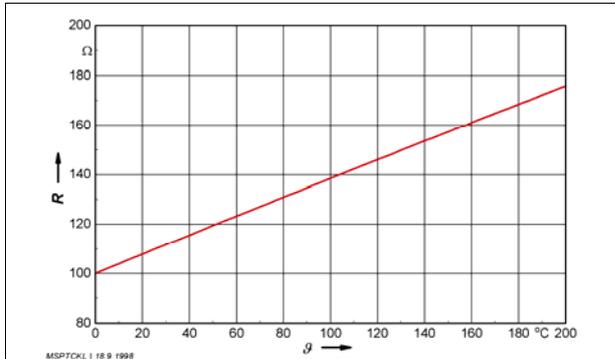


Bild 5  
Widerstand  $R$  in Abhängigkeit von der Temperatur  $\vartheta$  bei einem Platin-Widerstandsthermometer PT 100

## 6 Sanftanlaufgeräte

Bei manchen Anwendungen ist das relativ hohe Anzugsmoment (1,6 ... 2,5-faches Bemessungsmoment) beim Direkteinschalten eines Käfigläufermotors für Übertragungsmittel und Arbeitsmaschine störend. Es muss durch ein Sanftanlaufgerät gedämpft werden.

Zu diesem Thema enthält DIN EN 60079-14 in Abschnitt 11.2.3 folgende Anweisung:

"Der Überlastschutz für Motoren, bei denen der Anlauf durch spezielle Verfahren erfolgt, die die elektrischen, mechanischen und thermischen Beanspruchungen elektrisch begrenzen, muss vom **Anwender** einer speziellen Beurteilung der Einsatzbedingungen unterzogen werden, sofern die Anforderungen (für die thermische Überwachung) nicht erfüllt werden können."

Es erscheint jedoch fraglich, ob der Anwender eines Elektromotors in allen Fällen (so zum Beispiel bei läuferkritischen Motoren) ohne eine eingehende Prüfung in der Lage ist, die thermische Gefährdung unter Berücksichtigung der Belange von Wicklungsisolierung und Explosionsschutz zu beurteilen.

Die PTB empfiehlt daher, den thermischen Zustand von Ständerwicklung und Läuferkäfig mit TMS als Alleinschutz zu überwachen. Wenn das Thermistor-Auslösegerät im Sanftanlauf integriert ist, wird es zusammen mit diesem zertifiziert. Getrennte TMS-Auslösegeräte müssen für den unter 4 beschriebenen Anforderungen entsprechen.

Als Beispiel ist in Bild 6 ein Sanftanlauf durch Spannungsabsenkung dargestellt, bei dem in Stufe 1 das vom Motor entwickelte, reduzierte Drehmoment nicht ausreicht, um die rot gezeichnete Lastkennlinie zu überwinden.

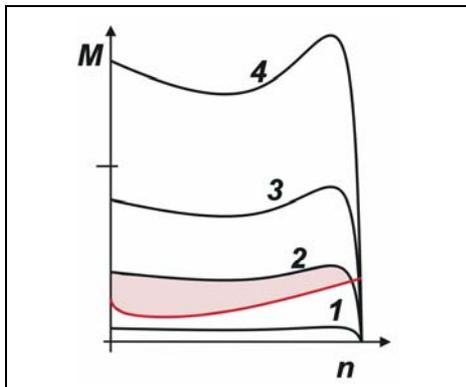


Bild 6  
Sanftanlauf durch Spannungsabsenkung in vier Stufen  
 $M$  – Drehmoment  
 $n$  – Drehzahl

**Annahme:** Sanftanlaufgerät bleibt in Stufe 1 hängen

**Folge:** Motor nimmt im **Stillstand** den Nennstrom auf; **Relais spricht nicht an**  
Starke Erwärmung im Ständer (wegen fehlender Kühlung) und im Käfig (wegen Schlupf 100 %)

**Abhilfe:** Überwachung von der Erwärmung in Ständer und Läufer unter Verwendung des TMS als Alleinschutz. In einfachen Fällen (z.B. bei kleinen, ständerkritischen Maschinen) könnte eine Überwachung von Zeit und/oder Drehzahl ausreichend sein. Aus antriebstechnischen Gründen werden Sanftanlaufgeräte jedoch meist für relativ große Antriebe benötigt, die meist läuferkritisch sind.

#### Zusammenfassung der zusätzlichen Anforderungen bei Sanftanlauf

Zündschutzart	e	d
Beurteilung durch den Anwender (bedingt ausreichend)	(x)	(x)
Zertifizierung falls Alleinschutz durch TMS erforderlich	B	H
Schutzeinrichtung zur Überwachung von Zeit und/oder Drehzahl	x zertifiziert durch B	x zertifiziert durch H

x erforderlich                      B    benannte Stelle                      H                      Hersteller

## Literaturhinweise:

- 1 EG-Baumusterprüfbescheinigung für Motorschutzgeräte  
PTB-Merkblatt unter [www.explosionsschutz.ptb.de/pruefung](http://www.explosionsschutz.ptb.de/pruefung)
- 2 DIN EN 60079-14/VDE 0165 Teil 1  
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche  
Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereiche
- 3 *Sturm, W. u. a.:*  
Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen;  
SIEMENS-Handbuch; Erlangen und München: Publicis MCD Verlag, 1997
- 4 *Dreier, H.; Stadler, H.; Engel, U.; Wickboldt, H.:*  
Explosionsgeschützte Maschinen der Schutzart "Erhöhte Sicherheit" (Ex)e  
Band 3 der PTB-Prüfregeln  
Deutscher Eichverlag GmbH, Braunschweig 1969; Nachdruck 1978,  
zu beziehen durch das Referat "Schrifttum" der PTB, Braunschweig
- 5 *Sauer, K.:*  
Aufbau und Einsatz von Widerstands-Temperatur-Sensoren.  
ep (1995) H. 8