

Examples[®]



Mai 2025

Inhalt

70 Jahre Explosionsschutz	1
Elektrische Maschinen – IEC 60079-14:2024	4

Sommaire

70 ans de protection contre les explosions	1
Machines électrique – IEC 60079-14:2024	4

70 Jahre Explosionsschutz

Anfangs der Fünfzigerjahre forderte die Industrie erste explosionsgeschützte Betriebsmittel. Bereits 1955 wurden unter der Marke «thuba» explosionsgeschützte Leuchten zur Inspektion von Fässern, Behältern und Tankfahrzeugen entwickelt. Das Eidgenössische Starkstrominspektorat erteilte im August 1955 die Bewilligung für die Produktion und den Verkauf in der Schweiz. Zu diesem Zeitpunkt konnten nur nationale Normenentwürfe für die Ex-Geräte herangezogen werden. Auf die explosionsgeschützten Leuchten folgten in den Sechzigerjahren explosionsgeschützte elektrische Heizungen.

70 ans de protection contre les explosions

Au début des années 1950, l'industrie sollicite les premiers équipements antidéflagrants. Dès 1955, des luminaires antidéflagrants sont développés sous la marque «thuba» pour l'inspection de fûts, de réservoirs et de camions-citernes. En août 1955, l'Inspection fédérale des installations à courant fort en autorise la production et la vente en Suisse. A ce moment-là, seuls des projets de normes nationales peuvent servir de base aux appareils Ex. Dans les années 1960, les luminaires antidéflagrants sont suivis par des chauffages électriques antidéflagrants.








BEWILLIGUNG





Nr. Ex4/8

a. Unternehmung: Gebrüder Thurnherr AG., Neubadstrasse 140, Basel 15
(Firma)

b. Art und Beschreibung des Materials: Explosionssichere Fassleuchte für eine 8 W-Fluoreszenzlampe, entsprechend Bauart "erhöhte Sicherheit".

Aufschriften : Gebr. Thurnherr A.G. Basel 15 Nr.: 13351 Volt: 220 
Watt 8 Nennfrequenz 50 Hz A.Nr. 30825 Zagr. D. 

auf dem Vorschaltgerät: Typ EBOX U_1 : 220 V 50 Hz I_2 : 0,16 A 
 $\cos\phi \sim 0,4$ Fluoreszenzröhre 8 W F.Nr. Dez. 1954  

auf dem Glimmstarter :   GFS5
9"  6 W Spec.Nr. 6 
12" 8 W

c. Art der Prüfung: Vollständige provisorische Typenprüfung nach provisorischen Prüfanforderungen.

d. Prüfbericht der Materialprüfanstalt des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)

Nr. 30'825 vom 13. August 1955.

Gestützt auf das Ergebnis der von der Materialprüfanstalt des SEV durchgeführten Sicherheitsprüfung über das unter Buchstabe b beschriebene Material wird vom eidg. Starkstrominspektorat der genannten Unternehmung hiemit das Recht erteilt, das bezeichnete Material in der Schweiz in Verkehr zu bringen. Das in Verkehr gebrachte Material muß mit dem geprüften und als vorschrittmäßig erklärten Muster nach Baustoffen und Bauart übereinstimmen. Die in der Starkstromverordnung des Bundesrates vom 7. Juli 1933/24. Oktober 1949, in den Hausinstallationsvorschriften und Sondervorschriften des SEV sowie in dem vom Eidg. Post- und Eisenbahndepartement genehmigten Reglement für die Prüfung der elektrischen Installationsmaterialien und Apparate sowie für die Erteilung des Sicherheitszeichens (Sicherheitszeichenreglement des SEV) aufgestellten Pflichten bilden einen Bestandteil dieser Bewilligung.

Das dem Muster gemäß hergestellte Material ist wie folgt zu kennzeichnen

ohne Kennzeichnung.

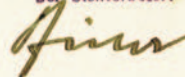
~~Material dieser Art darf ohne dieses Zeichen nicht in Verkehr gebracht werden.~~

Dauer der Bewilligung: unbegrenzt.
Bewilligungsgebühr Fr. 50.—.

Zürich, den 17. August 1955.
Wa/Ru

Beilagen: Prüfbericht Nr. 30'825
vom 13. August 1955.

Eidg. Starkstrominspektorat
Der Oberingenieur:
Der Stellvertreter:



Siehe Rückseite

Mit der Einführung einer europäischen Normenreihe (EN 50014 und folgende) für explosionsgeschützte Geräte ergaben sich neue Marktchancen. Dies erlaubte die Entwicklung elektrischer Heizungen für Flüssigkeiten und Luft-/Gas-Gemische. Für

L'introduction d'une série de normes européennes (EN 50014 et suivantes) pour les appareils antidéflagrants ouvre de nouveaux débouchés sur le marché. Cela permet de développer des chauffages électriques pour les liquides et les mélanges

komplette Anlagen fehlten jetzt noch explosionsgeschützte Steuerungen und Thermostate. Diese Lücke konnte anfangs der Achtzigerjahre in Kooperation mit der damaligen Brown Boveri BBC geschlossen werden. Für die explosionsgeschützten Steuerungen und Thermostate wurden die damaligen «Konformitätsbescheinigungen» für den Zugang zum europäischen Markt ausgestellt. Erfolgreich wurden weitere Ex-Geräte für den Einsatz in Elektroinstallationen wie Steckvorrichtungen, Kabelrollen, Motoschutzschalter, Klemmenkästen und Vorort-Bedingungen sowie Langfeldleuchten auf dem Schweizer Markt eingeführt.

Eine neue Normenreihe IEC 60079 löste die europäischen Normen ab. Zu diesem Zeitpunkt wurden in Europa EU-Baumusterprüfbescheinigungen und IECEx Certificates of Conformity für die überseeischen Märkte ausgestellt.

Mit der Übernahme der EHB holten wir unser ursprüngliches Ex-Gerät – die explosionsgeschützten Leuchten – wieder zurück. In kürzester Zeit wurde ein komplett neues Programm Hand- und Rohrleuchten entwickelt, welche im Unterhalt in der Öl- und Gasindustrie oder in der Produktion und der Wartung von Flugzeugen eingesetzt werden.

Das Fabrikationsprogramm umfasst heute zusätzlich Tastaturen und Bildschirme zum Einbau in Steuerungen, programmierbare Temperaturregler und druckfeste Befehlsmeldegeräte, gefolgt von einem eigensicheren Interface zur Überwachung des Schutzpotentialausgleichs, um elektrostatische Aufladungen zu verhindern. Die neusten Zulassungen decken Kommunikationsgeräte ab, welche in unterschiedlichen Netzen einen drahtlosen Datenaustausch erlauben.

Mit international zertifizierten und kundenspezifischen Lösungen für den Explosionsschutz unterstützen wir unsere Kunden weltweit.

air/gaz. Pour obtenir des installations complètes, il manque cependant encore les commandes et les thermostats antidéflagrants. Cette lacune est comblée au début des années 1980 en coopération avec la société qui porte alors le nom de Brown Boveri BBC. Les commandes et les thermostats antidéflagrants reçoivent les «certificats de conformité» de l'époque pour l'accès au marché européen.

D'autres appareils Ex destinés à être utilisés dans les installations électriques sont introduits avec succès sur le marché suisse, par exemple des connecteurs, des enrouleurs de câble, des disjoncteurs de protection pour moteur et des boîtes à bornes ainsi que des luminaires à champ long.

La nouvelle série de normes IEC 60079 remplace les normes européennes. A cette date, des attestations UE d'examen de type et des certificats de conformité IECEx sont délivrés en Europe pour les marchés extérieurs.

Avec le rachat d'EHB, nous récupérons notre appareil Ex d'origine, le luminaire antidéflagrant. En très peu de temps, une toute nouvelle gamme de luminaires tubulaires et de baladeuses est développée. Ils sont utilisés pour des opérations d'entretien dans l'industrie pétrolière et gazière, ou dans la production et la maintenance des avions.

Aujourd'hui, le programme de fabrication comporte également des claviers et des écrans à intégrer dans les commandes, des régulateurs de température programmables ainsi que des éléments de commande antidéflagrants, avec une interface à sécurité intrinsèque pour surveiller la liaison équipotentielle afin d'éviter les charges électrostatiques. Les dernières homologations concernent des appareils de communication qui permettent un échange de données sans fil sur différents réseaux.

Grâce à des solutions de protection contre les explosions personnalisées et certifiées au niveau international, nous soutenons nos clients dans le monde entier.



<https://www.thuba.com>

<https://www.thuba.com>

Dr.-Ing. Christian Lehrmann, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig

Die Edition 6 der IEC 60079-14 ist erschienen – eine neue Struktur und viele inhaltliche Änderungen beseitigen Diskrepanzen insbesondere zur IEC 60079-7:2015.

Nach mehrjähriger Überarbeitungszeit und vielen Treffen des Maintenance-Teams online und persönlich wurde im August diesen Jahres die finale Version der IEC 60079-14 [1] veröffentlicht. Aktuell ist gerade die Übersetzung in andere Sprachen in Arbeit.

Neben der allgemeinen Anpassung an den fortschreitenden Stand der Technik waren auch bestehende Diskrepanzen zu anderen Normen aus der 60079er-Reihe ein Grund für die grundlegende Überarbeitung der IEC 60079-14.

Die beschriebenen Diskrepanzen zu anderen Normen sind dadurch entstanden, dass diese Normen nach der Veröffentlichung der fünften Ausgabe der IEC 60079-14 im Jahr 2013 an aktuelle technische Entwicklungen und neue Erkenntnisse angepasst worden sind. Im Folgenden wird dies anhand der Norm IEC bzw. EN 60079-7 [2] im Detail erläutert. Ein Punkt, der immer wieder für Diskussionen gesorgt hat, ist die Behandlung von umrichter gespeisten Antrieben (Bild 1) in der Zündschutzart Ex eb.

Bis einschliesslich der Ausgabe 2007 der IEC 60079-7 wurde sowohl in der Gerätenorm als auch in der Installationsnorm bei umrichtergespeisten Maschinen der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit die gemeinsame Prüfung des Motors mit dem vorgesehenen Umrichtertyp gefordert. In den damaligen EG-Baumusterprüfbescheinigungen wurde dann der Umrichtertyp angegeben und somit für den späteren Nutzer des Motors verbindlich festgeschrieben. Dies brachte gravierende Nachteile mit sich, z.B. die nicht vorhandene Wahlfreiheit bezüglich des Frequenzumrichters durch den Betreiber.

Der schwerwiegendste Nachteil war jedoch, dass bei einem Umrichterausfall nach längerer Betriebszeit der in der EG bzw. EU-Baumusterprüfbescheinigung genannte Umrichtertyp oft gar nicht mehr am Markt verfügbar war und somit der Betreiber streng genommen nur die beiden folgenden Optionen hatte. «Ersetzen auch des noch funktionstüchtigen Motors» oder «Neuzertifizierung der Motors mit dem geänderten Umrichtertyp bzw. Freigabe des geänderten Umrichtertyps durch die Benannte Stelle, die das Motorzertifikat ausgestellt hatte».

Dr.-Ing. Christian Lehrmann, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig

La sixième édition de la norme IEC 60079-14 est parue: une nouvelle structure et de nombreuses modifications de contenu éliminent les écarts, notamment avec la norme IEC 60079-7:2015.

Après plusieurs années de révision et de nombreuses réunions en ligne et en personne de l'équipe de maintenance, la version finale de la norme IEC 60079-14 [1] a été publiée en août 2024. La traduction dans d'autres langues est actuellement en cours.

Outre l'adaptation générale à l'évolution de la technique, des écarts avec d'autres normes de la série 60079 ont également motivé la révision fondamentale de l'IEC 60079-14.

Les écarts décrits par rapport à d'autres normes résultent du fait que celles-ci ont été adaptées aux dernières évolutions techniques et aux nouvelles connaissances après la publication de la cinquième édition de l'IEC 60079-14 en 2013. Ceci est expliqué en détail ci-dessous à l'aide de la norme IEC ou EN 60079-7 [2].

Le traitement des entraînements alimentés par convertisseur (figure 1) dans le mode de protection «Ex eb» est un point qui a régulièrement fait l'objet de discussions.

Jusqu'à l'édition 2007 de la norme IEC 60079-7 incluse, la norme sur les équipements et la norme sur l'installation pour les machines alimentées par un convertisseur du mode de protection «Sécurité augmentée» exigeaient l'essai conjoint du moteur avec le type de convertisseur prévu. Les attestations d'examen de type CE de l'époque indiquaient alors le type de convertisseur et le rendaient ainsi obligatoire pour l'utilisateur ultérieur du moteur. Cela présentait de graves inconvénients, comme l'absence de liberté de choix de l'exploitant concernant le convertisseur de fréquence.

Toutefois, le principal inconvénient était qu'en cas de défaillance d'un convertisseur après une période de fonctionnement prolongée, le type de convertisseur mentionné dans l'attestation d'examen de type CE ou UE était souvent devenu indisponible sur le marché et que, par conséquent, l'exploitant n'avait réellement que les deux options suivantes: «remplacement du moteur encore en état de marche» ou «nouvelle certification du moteur avec un autre type de convertisseur ou autorisation du type de convertisseur modifié par l'organisme notifié qui a délivré le certificat moteur».

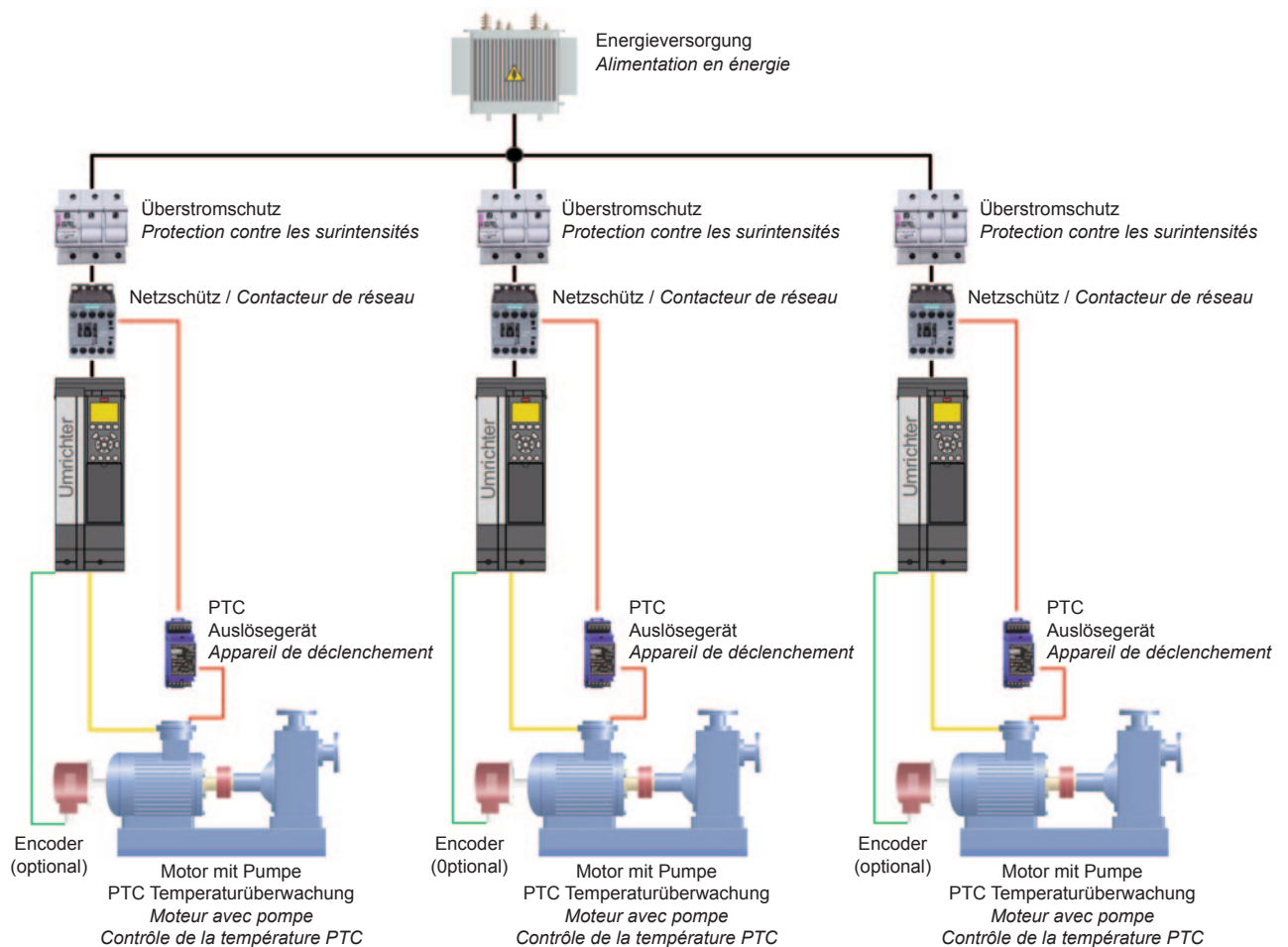


Bild 1 Blockschaltbild explosionsgeschützter frequenzumrichter gespeister Antriebe
 Figure 1 Schéma fonctionnel d'entraînements à convertisseur de fréquence antidéflagrants

Mit der Ausgabe 2015 der IEC bzw. EN 60079-7 wurde, basierend auf neuen Erkenntnissen aus in der PTB durchgeführten Forschungsprojekten [5], die strikte Kopplung des Motors an einen Umrichter über das Zertifikat aufgehoben und der Begriff des «Comparable Converters» für die Prüfung des Motors am Frequenzumrichter über die WG 27 des IEC TC31 eingeführt. Diese Herangehensweise bietet bei gleichwertigem Sicherheitsniveau für alle Beteiligten (Hersteller, Benannte Stelle, Betreiber) deutliche Vorteile. So muss der Hersteller für die Prüfung des Motors nicht den später vom Betreiber verwendeten Umrichtertyp für die Prüfung zur Verfügung gestellt bekommen. Bei der Benannten Stelle, z.B. der PTB, wird als vorteilhaft erachtet, dass die für die Prüfung verwendeten Umrichter gut in den Prüfstand integriert werden können und aufwändige Inbetriebnahmen von den Mitarbeitenden der Benannten Stelle bisher unbekanntem Frequenzumrichtern entfallen. Der Betreiber hat zudem die Möglichkeit, den Umrichter relativ frei auszuwählen und er kann das Gerät bei einem Ausfall problemlos gegen einen dann am Markt verfügbaren Frequenzumrichter austauschen.

L'édition 2015 de l'IEC ou de la norme EN 60079-7, fondée sur les nouvelles connaissances issues de projets de recherche menés au PTB [5], a supprimé le couplage strict du moteur à un type de convertisseur par le biais du certificat, et a introduit le terme de «convertisseur comparable» pour l'essai du moteur sur convertisseur de fréquence par le GT 27 du TC 31 de l'IEC. Cette approche présente des avantages évidents pour toutes les parties prenantes (fabricants, organismes notifiés, exploitants) pour un niveau de sécurité équivalent. Ainsi, pour l'essai du moteur, le constructeur n'est pas tenu d'obtenir le type de convertisseur utilisé ultérieurement par l'exploitant pour l'essai. Du point de vue de l'organisme notifié, par exemple le PTB, il est avantageux que les convertisseurs utilisés pour l'essai puissent être bien intégrés au banc d'essai et que le personnel de l'organisme notifié ne procède pas à une mise en service fastidieuse de convertisseurs de fréquence jusqu'alors inconnus.

L'opérateur peut choisir le convertisseur de manière relativement libre et, en cas de panne, il peut facilement remplacer l'appareil par un convertisseur de fréquence disponible sur le marché.

Eine wichtige Randbedingung bei dieser Vorgehensweise ist, dass die Oberschwingungsverluste durch den vom Betreiber eingesetzten Umrichter maximal die Höhe der während der Prüfung durch die Benannte Stelle vorhandenen Oberschwingungsverluste erreichen dürfen. Bei ansonsten gleichen Randbedingungen (Drehmoment, Grundschwingungsfrequenz, Grundschwingungsspannung) ist somit sichergestellt, dass der Motor keine unzulässigen Temperaturen annehmen kann.

Praktisch werden im Motordatenblatt zur EU-Baumusterprüfbescheinigung das Steuerverfahren, die minimale Schaltfrequenz sowie die maximale netzseitige Eingangsspannung bzw. Zwischenkreisspannung des Frequenzumrichters festgelegt. In der Regel ist die Maschine durch die Benannte Stelle auch mit diesen Frequenzumrichterparametern geprüft worden.

Eine weitere wichtige Säule des Schutzkonzeptes frequenzumrichtergespeister Antriebe in der Zündschutzart «erhöhte Sicherheit» ist die drehzahlvariable Strombegrenzung des Umrichters und die Vorgabe einer drehzahlabhängigen Stromgrenzkurve im Motordatenblatt zur EU-Baumusterprüfbescheinigung.

Une condition marginale importante de cette procédure est que les pertes d'harmoniques dues au convertisseur utilisé par l'exploitant ne doivent pas dépasser le niveau des pertes d'harmoniques observées lors de l'essai effectué par l'organisme notifié. Cela garantit ainsi que, dans les conditions marginales par ailleurs identiques (couple, fréquence fondamentale, tension fondamentale), le moteur ne peut pas accepter des températures inadmissibles.

En pratique, la fiche technique du moteur jointe à l'attestation d'examen de type UE définit la procédure de commande, la fréquence minimale de commutation, ainsi que la tension d'entrée maximale côté secteur ou la tension de circuit intermédiaire du convertisseur de fréquence. En règle générale, la machine a également été testée par l'organisme notifié avec ces paramètres de convertisseur de fréquence.

Un autre pilier important du concept de protection des entraînements alimentés par convertisseur de fréquence dans le mode de protection «Sécurité augmentée» est la limitation du courant à régime variable du convertisseur et l'exigence d'une courbe limite de courant en fonction de la vitesse de rotation dans la fiche de données du moteur pour l'attestation d'examen de type UE.

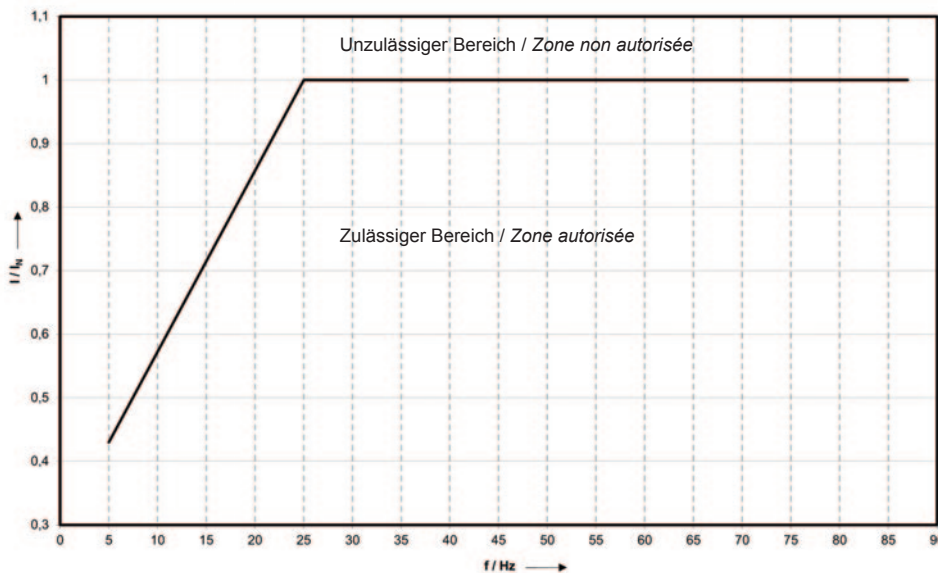


Bild 2 Beispielhafte Drehmomentgrenzkennlinie, Achshöhe des Motors 132 mm
Figure 2 Exemple de courbe caractéristique limite de couple, hauteur d'axe du moteur 132 mm

Durch diese Grenzkennlinie wird bei eigenbelüfteten Motoren die drehzahlvariable Luftförderleistung und somit die Kühlwirkung des Motorlüfters in Verbindung mit der Gehäuseoberfläche des Motors berücksichtigt (Bilder 3 und 4).

Dans le cas des moteurs autoventilés, cette courbe caractéristique limite permet de tenir compte du débit d'air à régime variable et donc de l'effet de refroidissement du ventilateur du moteur raccordé à la surface du boîtier du moteur (figure 3 et 4).

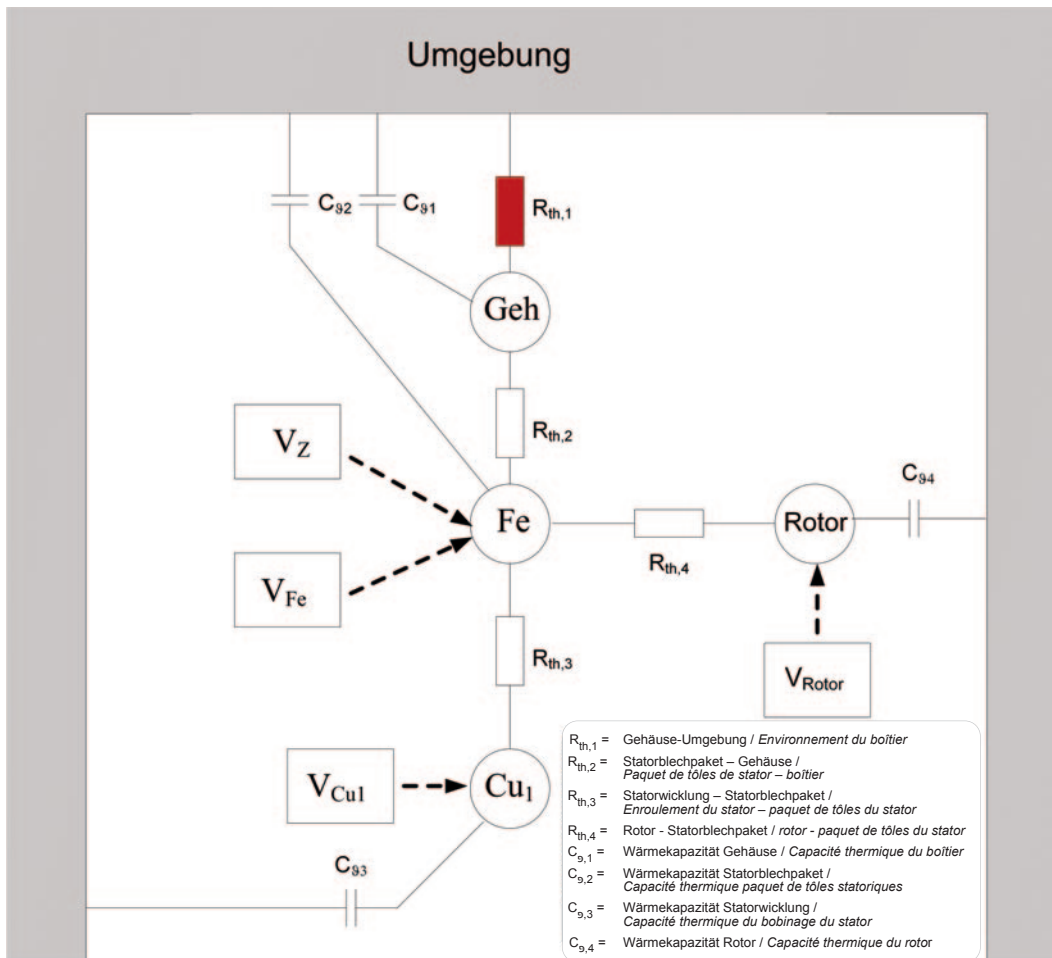


Bild 3 Thermisches Ersatzschaltbild einer eigenbelüfteten Asynchronmaschine [5]
 Figure 3 Schéma de circuit équivalent thermique d'une machine asynchrone ventilée [5]

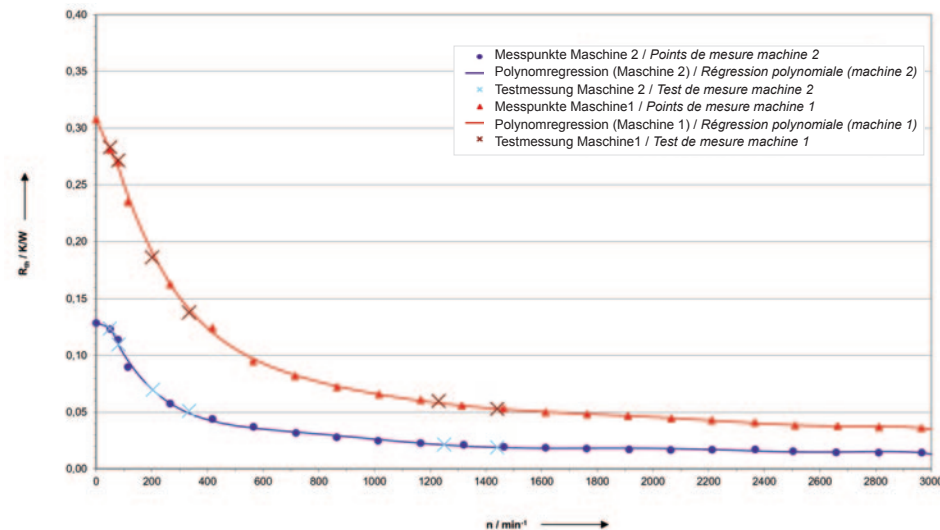


Bild 4 Beispielhafter drehzahlabhängiger Wärmeübergangswiderstand von Motoren der Achshöhen 132 mm (1) und 180 mm (2) [5]
 Figure 4 Exemple de résistance au transfert thermique variable en fonction de la vitesse de rotation de moteurs de hauteur d'axe 132 mm (1) et 180 mm (2) [5]

Da der Frequenzumrichter in der Regel keine gemäss Richtlinie 2014/34/EU [3] funktionsgeprüfte Überwachungsfunktionalität bereitstellt, ist eine vom Umrichter unabhängige funktionsgeprüfte Einrichtung zur direkten Temperaturüberwachung zwingend erforderlich. Die Schutzfunktion wird

Le convertisseur de fréquence ne disposant généralement pas de fonctionnalité de surveillance testée selon la directive 2014/34/UE [3], un dispositif déporté et éprouvé de surveillance directe de la température est obligatoire. La fonction de protection est vérifiée par l'organisme notifié au cours du

während des Zertifizierungsprozesses durch die Benannte Stelle überprüft, um sicherzustellen, dass über den gesamten zugelassenen Drehzahlstellbereich des Motors im Überlastfall und bei Ausfall oder Fehlparametrierung der drehzahlvariablen Strombegrenzungsfunktion des Umrichters das Entstehen zündfähiger Temperaturen sowie eine thermische Schädigung, z.B. der Wicklung, ausgeschlossen sind.

Normativ ist dieses Vorgehen in der aktuellen IEC/EN 60079-7:2015 im Abschnitt 5.2.8.4.2 (Typprüfung mit einem Frequenzumrichter) festgelegt. Die Möglichkeit der Prüfung mit einem vergleichbaren Umrichter «comparable converter» wird über den Satz «Maschinen, die mit einem Frequenzumrichter betrieben werden sollen, müssen mit dem festgelegten Frequenzumrichter oder mit einem vergleichbaren Frequenzumrichter in Bezug auf Ausgangsspannung, Ausgangsstrom und die Festlegung der Schaltfrequenz geprüft werden zum Nachweis, dass die Motorgrenztemperaturen (Abschnitt 5.2.8) nicht überschritten werden.» Alternativ zur Typprüfung an einem Frequenzumrichter ist gemäss Absatz 5.2.8.4.3 auch eine Berechnung der zu erwartenden Erwärmungen möglich, wenn das Berechnungsverfahren auf repräsentativen Prüfdaten beruht.

Möglich ist hier z.B. ausgehend von der bei Speisung mit sinusförmiger Spannung bestimmten Maschinenerwärmung über die zu erwartenden Oberschwingungsverluste, die Erwärmung für den Umrichterbetrieb hochzurechnen.

Im Gegensatz dazu wurde in der seit 2013 gültigen vorherigen Ausgabe der IEC 60079-14 [4] bei umrichtergespeisten Antrieben der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit ausschliesslich die Prüfung des Motors zusammen mit dem später verwendeten Umrichtertyp genannt (siehe Abschnitt 11.3.4 «*Motors supplied at varying frequency and voltage by a converter shall have been type tested for this duty in association with the converter and the protective device*»).

In der Praxis führte diese im Gegensatz zur IEC 60079-7, Ausgabe 2015, stehende Forderung immer wieder zu Irritationen und auch Rückfragen von Betreiberseite bei den Benannten Stellen, wenn z.B. bei der Prüfung der Anlage vor der ersten Inbetriebnahme auffiel, dass die zum Motor gehörende EU-Baumusterprüfbescheinigung bzw. das IECEx-CoC den zu verwendenden Frequenzumrichtertyp nicht festlegen.

processus de certification, afin de s'assurer qu'en cas de surcharge et de panne ou de paramétrage incorrect de la fonction de limitation du courant à régime variable du convertisseur, l'apparition de températures inflammables et un endommagement thermique, par exemple de l'enroulement, sont exclus sur l'ensemble de la plage admissible de réglage de régime du moteur.

Cette procédure est définie dans la norme actuelle IEC/EN 60079-7:2015 au point 5.2.8.4.2 (essai de type avec convertisseur de fréquence). La possibilité d'effectuer des essais avec un convertisseur comparable est indiquée par la phrase: «Les machines destinées à fonctionner avec un convertisseur de fréquence doivent être testées avec le convertisseur de fréquence spécifié ou un convertisseur de fréquence comparable au regard de la tension de sortie, du courant de sortie et de la fréquence de commutation pour démontrer que les températures limites du moteur (point 5.2.8) ne sont pas dépassées.» Au lieu de procéder à l'essai de type sur un convertisseur de fréquence, il est également possible de calculer les échauffements prévus selon le paragraphe 5.2.8.4.3 si la méthode de calcul est fondée sur des données d'essai représentatives.

Il est possible ici, par exemple, d'extrapoler l'échauffement pour le fonctionnement du convertisseur en partant de l'échauffement de la machine déterminé en cas d'alimentation avec une tension sinusoïdale au-delà des pertes d'harmoniques prévisibles.

En revanche, dans l'édition précédente de la norme IEC 60079-14 [4], en vigueur depuis 2013, pour les entraînements alimentés par un convertisseur, le mode de protection «Sécurité augmentée» mentionnait uniquement l'essai du moteur avec le type de convertisseur utilisé ultérieurement (voir section 11.3.4 «*Motors supplied at varying frequency and voltage by a converter shall have been type tested for this duty in association with the converter and the protective device*»).

Dans la pratique, cette exigence contradictoire à la norme IEC 60079-7, édition 2015, a toujours été source de confusion et de questions de la part des exploitants auprès des organismes notifiés, par exemple lorsque, lors de l'essai de l'équipement avant la première mise en service, il a été constaté que l'attestation d'examen de type UE du moteur ou le certificat de conformité IECEx ne précisaient pas le type de convertisseur de fréquence à utiliser.

Die neue IEC 60079-14, Ausgabe 2024

Die aktuelle, im August 2024 neu erschienene Norm IEC 60079-14 [1] für die Installation orientiert sich bei den Anforderungen an explosionsgeschützte elektrische Maschinen jetzt an den der jeweiligen Zündschutzart zugrunde liegenden Gerätenormen. Bei den Zündschutzarten Ex eb und Ex ec sind dies z.B. die IEC 60079-0 (grundlegende Anforderungen) und die zündschutzartspezifische Norm IEC 60079-7.

Die Ausgabe 2024 der IEC 60079-14 wurde gegenüber den vorhergehenden Ausgaben in der Struktur komplett überarbeitet mit dem Ziel, thematisch zusammenhängende Abschnitte auch zusammenhängend im Normtext anzuordnen. Die drehenden elektrischen Maschinen werden in der aktuellen Normausgabe z.B. im Kapitel 6.7 behandelt.

Beispielhaft für die Zündschutzart «eb» wird die Installation frequenzumrichter gespeister Antriebe im Abschnitt 6.7.3.4 abgehandelt. In der folgenden Fallunterscheidung wird unter Punkt a) die bisherige Vorgehensweise (gemeinsame Prüfung des Motors zusammen mit dem zugehörigen Umrichter) beschrieben: *«Electrical machines with a specific converter have been type tested for this duty in association with the converter and the protective device. The electrical machine should be used within its electrical rating and the converter configuration should be set to match the electrical machine rating information with respect to frequency range and any other specified parameters such as minimum carrier frequency. The converter configuration shall enable adjustment of the parameters.»*

Neu gegenüber der Normausgabe 2013 ist Punkt b), in dem die gemäss IEC 60079-7 mögliche Motorprüfung mit einem vergleichbaren Umrichter explizit genannt wird: *«Electrical machines that have been type tested for converter operation, but the type and manufacturer of the converter is not specified. In this case, the properties of the selected converter, the maximum converter input voltage and the converter settings must comply with the specifications given by the electrical machine manufacturer. The action of the protective function shall result in effectively stopping current flowing through the electrical machine windings. Control circuit intervention such as ceasing modulation, effectively stopping the current flow through the electrical machine and stopping any internal heat generation of the machine is acceptable. See Annex J for additional guidance.»*

La nouvelle norme IEC 60079-14, édition 2024

La norme actuelle IEC 60079-14 [1] relative à l'installation, dans sa nouvelle édition d'août 2024, s'oriente désormais, pour les exigences relatives aux machines électriques antidéflagrantes, vers les normes sur les appareils fondées sur le mode de protection correspondant pour les modes de protection Ex eb et Ex ec, par exemple la norme IEC 60079-0 (exigences générales) et la norme IEC 60079-7 spécifique au mode de protection.

La structure de l'édition 2024 de l'IEC 60079-14 a été entièrement remaniée par rapport aux éditions précédentes, dans le but d'ordonner les sections connexes par thématiques également dans le texte de la norme. Dans l'édition actuelle de la norme, les machines électriques à rotation, par exemple, sont traitées au chapitre 6.7.

A titre d'exemple pour le mode de protection «eb», l'installation d'entraînements alimentés par convertisseur de fréquence est traitée au point 6.7.3.4. Dans la différence de cas ci-après, le point a) décrit la procédure suivie auparavant (essai en commun du moteur avec le convertisseur correspondant): *«Electrical machines with a specific converter have been type tested for this duty in association with the converter and the protective device. The electrical machine should be used within its electrical rating and the converter configuration should be set to match the electrical machine rating information with respect to frequency range and any other specified parameters such as minimum carrier frequency. The converter configuration shall enable adjustment of the parameters.»*

La nouveauté par rapport à la norme de 2013 est le point b), qui mentionne explicitement la possibilité de tester le moteur selon la norme IEC 60079-7 avec un convertisseur comparable: *«Electrical machines that have been type tested for converter operation, but the type and manufacturer of the converter is not specified. In this case, the properties of the selected converter, the maximum converter input voltage and the converter settings must comply with the specifications given by the electrical machine manufacturer. The action of the protective function shall result in effectively stopping current flowing through the electrical machine windings. Control circuit intervention such as ceasing modulation, effectively stopping the current flow through the electrical machine and stopping any internal heat generation of the machine is acceptable. See Annex J for additional guidance.»*

Im Anhang J wird im Detail auf die EMV-gerechte Ausführung der Installation frequenzrichter gespeister Maschinen eingegangen, die neben der Vermeidung von Lagerschäden durch einen Stromfluss über das Lager bei zu hoher Erdungsimpedanz des Motors für die umrichterbedingten kapazitiven Ableitströme und die unzulässige Beeinflussung anderer Stromkreise auch für die Sicherstellung des Explosionsschutzes eine wichtige Komponente ist. So muss bei der Installation sichergestellt werden, dass die hochfrequenten kapazitiven Ableitströme des Motors keine undefinierten Wege, z.B. über die Stahlkonstruktion des Gebäudes, zurück zum Umrichter nehmen. Es ist hier keine Aussage über die Stromtragfähigkeit des sich ergebenden Strompfades sowie über die vorhandenen Kontaktstellen möglich, so dass z.B. bei Vibrationen des Maschinenfundamentes Tippkontakte mit eventuell zündfähiger Funkenbildung im explosionsgefährdeten Bereich nicht ausgeschlossen werden können.

Neben der Verwendung abgeschirmter Leitungen mit beidseitiger großflächiger niederimpedanter Kontaktierung des Kabelschirmes über EMV-Kabelverschraubungen ist auch die Verwendung von Sinus-Ausgangsfiltren eine etablierte und bewährte Methode, um auf abgeschirmte Leitungen verzichten zu können. Hierbei ist aber der Spannungsabfall (Grundschwingungsspannung) über dem Filter bei der Projektierung des Antriebssystems unbedingt zu berücksichtigen, um einen Motorbetrieb mit Unterspannung und daraus resultierender erhöhter Erwärmung, vor allem im Rotor, zu vermeiden.

Neu hinzugekommen ist in der aktuellen Ausgabe der IEC 60079-14 auch die Möglichkeit, bei frequenzrichtergespeisten Antrieben auf ein separates Netzschütz zu verzichten, über das der Antrieb bei Auslösung der Temperaturüberwachung abgeschaltet wird.

«The action of the protective device shall result in effectively stopping the current flowing through the electrical machine windings. Control circuit intervention such as ceasing modulation, effectively stopping the current flow through the electrical machine and any internal heat generation of the machine is acceptable. See Annex J for additional guidance.»

L'annexe J décrit en détail la mise en œuvre conforme à la CEM de l'installation de machines alimentées par convertisseur de fréquence qui, outre la prévention des dommages causés par la conduction à travers le roulement en cas d'impédance de mise à la terre du moteur trop élevée pour les courants de fuite capacitifs liés au convertisseur et l'interférence inadmissible d'autres circuits, constitue un élément important pour garantir la protection contre les explosions. Ainsi, lors de l'installation, il faut s'assurer que les flux de fuite capacitifs à haute fréquence du moteur ne suivent pas des chemins non définis, par exemple à travers la structure métallique du bâtiment, pour revenir vers le convertisseur. Il n'est pas possible d'évaluer ici la capacité de charge du circuit de courant, ainsi que les points de contact existants, de sorte que, par exemple, en cas de vibrations des fondations de la machine, des contacts par impulsion avec une potentielle formation d'étincelle inflammable en atmosphère explosive ne peuvent être exclus.

Outre les conduites blindées avec contact à grande surface et à faible impédance des deux côtés du blindage via des presse-étoupes CEM, l'utilisation de filtres de sortie sinusoïdaux constitue également une méthode établie et éprouvée pour renoncer aux conduites blindées. Dans ce cas, la chute de tension (tension fondamentale) au-dessus du filtre doit impérativement être prise en compte lors de la conception du système d'entraînement, afin d'éviter un fonctionnement du moteur en sous-tension et l'échauffement en résultant, notamment dans le rotor.

La version actuelle de la norme IEC 60079-14 présente également la nouveauté de pouvoir renoncer à un contacteur de réseau séparé pour les entraînements alimentés par un convertisseur de fréquence, par lequel l'entraînement est coupé lorsque la surveillance de la température est déclenchée.

«The action of the protective device shall result in effectively stopping the current flowing through the electrical machine windings. Control circuit intervention such as ceasing modulation, effectively stopping the current flow through the electrical machine and any internal heat generation of the machine is acceptable. See Annex J for additional guidance.»

Diese zusätzliche Option neben dem Netzschütz zur Abschaltung des Antriebes bei einer Motorschutzauslösung kommt den Anforderungen aus der betrieblichen Praxis entgegen, da die meisten heute am Markt verfügbaren Frequenzumrichter über die Funktion «sicherer Halt» oder «safe torque of» (STO) mit hohem SIL-Level (SIL 2 oder SIL 3) [6] verfügen und diese Funktion zusammen mit einem gemäss Richtlinie 2014/34/EU funktionsgeprüften Auswertegerät für PTC oder Pt100-Temperaturfühler zum Schutz des Motors vor unzulässigen Erwärmungen verwendet werden kann. Dies hätte den Vorteil der Einsparung eines zusätzlichen Schützes vor dem Umrichtereingang und würde auch bekannte Fehlerquellen bei Schützen, wie z.B. ein «Kleben» der Kontakte und daraus resultierendes Öffnungsversagen, eliminieren. Voraussetzung ist jedoch, dass der Motor bei der Abschaltung über die Umrichterfunktion «sicherer Halt» stromlos ist und somit kein weiterer Energieeintrag in den Motor erfolgen kann.

Es muss jedoch bedacht werden, dass die Sperrung der Leistungshalbleiter keine sichere galvanische Trennung im Sinne des Arbeitsschutzes ist, so dass z.B. vor dem Öffnen des Motorklemmenkastens der Antrieb über einen Schalter galvanisch vom Netz getrennt werden muss.

Ein möglicher, wenn auch sehr unwahrscheinlicher Fehler bei einem Frequenzumrichter ist der Ausfall zweier Halbbrücken des Wechselrichters. Verlieren hierbei die IGBT die Sperrfähigkeit, würde auch bei aktiviertem STO weiter ein Gleichstrom über die Motorwicklung fließen. In der Praxis ist dieser Fehler jedoch nur bei kleinen Antrieben mit entsprechend hohen Wicklungswiderständen relevant, die dann den fließenden Gleichstrom so weit begrenzen, dass die dem Umrichter vorgelagerte Überstromschutzeinrichtung eventuell nicht auslöst. Hier ist die Überstromschutzeinrichtung bei der Antriebsprojektierung entsprechend auszuwählen.

Bei grösseren Antrieben, z.B. mit Wicklungswiderständen im mΩ-Bereich nimmt der Fehlerstrom bei dem hier beschriebenen Fehler ein Mehrfaches des Motorbemessungsstromes an und führt in der Regel zur ausreichend schnellen Auslösung der Überstromschutzeinrichtung zur Verhinderung einer unzulässigen Motorerwärmung.

Cette option supplémentaire, qui s'ajoute au contacteur de réseau pour arrêter l'entraînement en cas de déclenchement de la protection du moteur, répond aux exigences de la pratique opérationnelle, car la plupart des convertisseurs de fréquence actuellement disponibles sur le marché disposent de la fonction «Arrêt sécurisé» ou «safe torque of» (STO) à un niveau SIL élevé (SIL 2 ou SIL 3) [6], qui peut être utilisée en combinaison avec un évaluateur pour sonde thermométrique PTC ou Pt100 homologué conformément à la directive 2014/34/UE afin de protéger le moteur contre les échauffements inadmissibles. Cela permettrait d'économiser un contacteur supplémentaire en amont de l'entrée du convertisseur et éliminerait également des sources d'erreur connues sur les contacteurs, telles que le «collage» des contacts et les défaillances d'ouverture qui en résultent. La condition est toutefois que le moteur soit hors tension lors de la coupure au moyen de la fonction «arrêt sécurisé» du convertisseur et qu'il ne puisse donc plus y avoir d'arrivée électrique supplémentaire.

Toutefois, il faut tenir compte du fait que le verrouillage des semi-conducteurs de puissance n'est pas une séparation galvanique sûre au sens de la sécurité du travail, de sorte que, par exemple, avant l'ouverture de la boîte à bornes du moteur, l'entraînement doit être isolé galvaniquement du réseau par un commutateur.

Un défaut possible, quoique très improbable, sur un convertisseur de fréquence est la défaillance de deux demi-ponts de l'onduleur. Si les IGBT perdent leur capacité de verrouillage, un courant continu continuerait à circuler dans l'enroulement du moteur, même lorsque la STO est activée. Toutefois, dans la pratique, ce défaut ne concerne que les petits entraînements présentant des résistances d'enroulement élevées, qui limitent alors le flux de courant continu au point d'empêcher éventuellement le déclenchement du dispositif de protection contre les surintensités en amont du convertisseur. Dans ce cas, le dispositif de protection contre les surintensités doit être sélectionné en conséquence lors de la conception du système d'entraînement. Pour les entraînements plus grands, p.ex. avec des résistances d'enroulement dans la plage mΩ, le courant de défaut est plusieurs fois supérieur au courant nominal du moteur pour le défaut décrit ici et entraîne généralement un déclenchement suffisamment rapide du dispositif de protection contre les surintensités pour empêcher un échauffement inadmissible du moteur.

Erfahrungen bei der Anwendung des «neuen» Zertifizierungskonzeptes für Maschinen der Zündschutzart «eb» ohne Festlegung des Umrichtertyps im Motorzertifikat aus Sicht der Benannten Stelle

Die PTB bietet seit dem Jahr 2006 die Zertifizierung umrichtergespeister Antriebe in der Zündschutzart «eb» ohne feste Kopplung an einen speziellen Frequenzumrichtertyp über die EU-Baumusterprüfbescheinigung an. Die Basis für die Anwendbarkeit des damals neuen Konzeptes auch aus dem Blickwinkel der Sicherherstellung des Explosionsschutzes waren die im Rahmen einer Dissertation [5] durchgeführten umfangreichen Untersuchungen, die auch die sicherheitstechnische Bewertung möglicher Fehlerfälle und die daraus resultierenden Schutzmassnahmen umfasste. Das Wichtigste Ziel dabei war das Sicherheitsniveau gegenüber dem etablierten Verfahren der festen Kopplung des Motors über das Motorzertifikat an den Umrichtertyp, mit dem die Prüfung erfolgte, keinesfalls abzusenken.

Der erste Schritt der Lösung der festen Kopplung des Motors an einen festgelegten Umrichtertyp lag dann auch darin, die Einflussfaktoren zu finden, die neben dem Überlastzustand zu einer unzulässigen Erwärmung des Motors im Hinblick auf die Temperaturklasse und die Isolationsmaterialien führen können, und entsprechende Schutzmassnahmen festzulegen.

Neben der auch aus der Literatur bekannten Unabhängigkeit der Oberschwingungsverluste vom Lastzustand des Motors konnte ein klarer Zusammenhang der Oberschwingungsverluste zum Verhältnis der Grundschiwingungsspannung am Umrichterausgang zur Zwischenkreisspannung gefunden werden. Diese Erkenntnis schlug sich dann darin nieder dass die maximale Zwischenkreisspannung bzw. Umrichtereingangsspannung bei Umrichtern mit ungesteuertem Gleichrichter im Motordatenblatt anzugeben und die Typprüfung am Frequenzumrichter auch bei dieser Maximalspannung durchzuführen war.

Ein weiterer Grund, die Zwischenkreisspannung zu begrenzen, ist die Spannungsbeanspruchung der Motorwicklung, insbesondere der Windungsisolierung zwischen den ersten Windungen der Spule, auf die die vom Umrichter mit jedem Schaltvorgang erzeugten steiflankigen Spannungsimpulse treffen. Hier muss durch Reflexionsvorgänge an den Leitungsenden wegen der unterschiedlichen

Expériences lors de l'application du «nouveau» concept de certification pour les machines du mode de protection «eb» sans spécification du type de convertisseur dans le certificat moteur, du point de vue de l'organisme notifié

La PTB propose depuis 2006 la certification des entraînements alimentés par convertisseur appartenant au mode de protection «eb» sans couplage fixe avec un type spécial de convertisseur de fréquence par le biais de l'attestation d'examen de type UE. L'applicabilité du nouveau concept de l'époque, également du point de vue de la sécurité de la protection contre les explosions, reposait sur des études approfondies réalisées dans le cadre d'une thèse [5], y compris l'évaluation technique des défauts possibles et les mesures de protection en résultant. L'objectif principal était de ne pas abaisser le niveau de sécurité par rapport à la procédure établie de couplage fixe du moteur au type de convertisseur utilisé pour l'essai par le biais du certificat du moteur.

La première étape de la solution du couplage fixe du moteur à un type de convertisseur déterminé consistait également à trouver les facteurs d'influence qui, outre l'état de surcharge, peuvent conduire à un échauffement inadmissible du moteur en ce qui concerne la classe de température et les matériaux d'isolation, et à définir les mesures de protection appropriées.

Outre l'indépendance des pertes d'harmoniques par rapport à l'état de charge du moteur, également connue dans la littérature, il a été possible d'établir un lien clair entre les pertes d'harmoniques et le rapport entre la tension fondamentale à la sortie du convertisseur et la tension du circuit intermédiaire. Ce constat s'est ensuite traduit par l'indication de la tension de circuit intermédiaire maximale ou de la tension d'entrée du convertisseur pour les convertisseurs avec redresseur non commandé sur la fiche technique du moteur et par la réalisation de l'essai de type sur le convertisseur de fréquence également avec cette tension maximale.

Une autre raison de limiter la tension du circuit intermédiaire est la contrainte de tension de l'enroulement moteur, en particulier de l'isolation de l'enroulement entre les premiers spires de la bobine, sur laquelle se heurtent les impulsions de tension raides générées par le convertisseur à chaque commutation. En raison des différentes impé-

Impedanzen des Kabels und der Wicklung mit mindestens der doppelten Zwischenkreisspannung gerechnet werden. Dabei dürfen keine Teilentladungen in der Wicklung auftreten – diese wären für eine umgebende explosionsfähige Atmosphäre potentiell zündfähig und würden die bei Niederspannungsmaschinen üblicherweise nicht teilentladungsfest ausgeführte Wicklung schädigen und längerfristig einen Ausfall des Motors verursachen. Es muss daher sichergestellt sein, dass in der Wicklung des Motors während des Betriebes keine Teilentladungen auftreten. Dies ist erfüllt, wenn die Teilentladungs-Einsatzspannung grösser als die zu erwartenden Spannungsimpulse an den Motor клемmen ist.

Bezüglich der Kriech- und Luftstrecken im Klemmenkasten führen die steilflankigen transienten Überspannungen gemäss [2] in Abschnitt 4.4.1 nicht zur Kriechwegbildung, so dass hier die maximale Grundschwingungsspannung am Umrichter-ausgang als Bemessungsgrundlage ausreicht. Die Luftstrecken sind hingegen auf die zu erwartenden transienten Überspannungen auszulegen.

Die bei üblichen Umrichterkonfigurationen zu erwartenden zusätzlichen Oberschwingungsverluste des Motors sind gering gegenüber den Grundschwingungsverlusten am Bemessungspunkt. Bei

dances du câble et de l'enroulement, il faut s'attendre à une tension intermédiaire au moins double en raison des processus de réflexion aux extrémités de la ligne. Il ne doit pas se produire de décharges partielles dans l'enroulement, celles-ci seraient potentiellement inflammables pour une atmosphère explosive environnante et endommageraient l'enroulement qui n'est généralement pas résistant aux décharges partielles sur les machines basse tension et provoqueraient à long terme une défaillance du moteur.

Il faut donc veiller à ce qu'aucune décharge partielle ne se produise dans l'enroulement du moteur pendant le fonctionnement. Cette condition est remplie lorsque la tension de blocage des décharges partielles est supérieure aux impulsions de tension attendues aux bornes du moteur.

En ce qui concerne les lignes de fuite et les distances d'isolement dans l'air dans la boîte à bornes, les surtensions transitoires à flanc raide visées au point 4.4.1 [2] ne conduisent pas au cheminement, de sorte que la tension fondamentale maximale à la sortie du convertisseur est suffisante comme base de calcul. En revanche, les distances d'isolement dans l'air doivent être conçues en fonction des surtensions transitoires prévisibles.

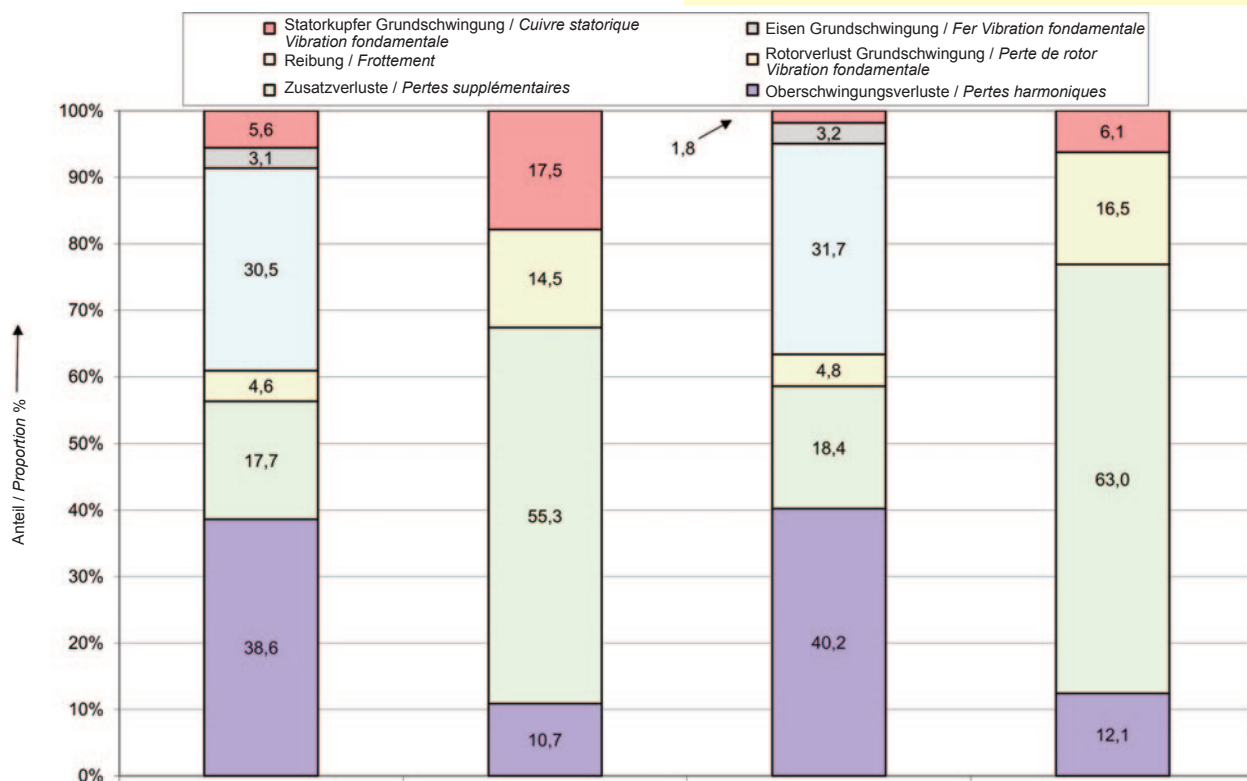


Bild 5 Messtechnisch ermittelter Anteil der Oberschwingungsverluste an den Gesamtverlusten in Abhängigkeit der Umrichterschaltfrequenz, Asynchronmaschine, Bemessungsleistung 5,5 kW
 Figure 5 Part des pertes d'harmoniques déterminée par mesure par rapport aux pertes totales en fonction de la fréquence de commutation du convertisseur, moteur asynchrone, puissance nominale 5,5 kW

Betrieb des Motors mit Bemessungsleistung beträgt der Anteil der Oberschwingungsverluste in dem hier angegebenen Beispiel eines Motors mit der Bemessungsleistung 5,5 kW weniger als 10% der Grundschwingungsverluste (siehe auch Bild 5).

Durch den Einsatz eines dem Umrichter nachgeschalteten Sinusausgangsfilters können die umrichterbedingten Oberschwingungsverluste in der Maschine eliminiert werden. Dabei muss jedoch der Spannungsabfall über dem Sinusfilter berücksichtigt und die Umrichterausgangsspannung wenn möglich entsprechend angehoben werden. Alternativ ist auch die Festlegung des Bemessungspunktes, an dem das Bemessungsdrehmoment abgefordert werden kann, auf eine niedrigere Frequenz möglich.

Ein kritischer Betriebsfall ist bei eigenbelüfteten Motoren wegen des mit der Drehzahl zunehmenden thermischen Widerstandes Gehäuse-Umgebung der Betrieb bei Drehzahlen unterhalb der Bemessungsdrehzahl ohne ausreichende Reduzierung des Drehmomentes.

In der PTB konnte man bei der Vielzahl der bisher durchgeführten Prüfungen die Erfahrung sammeln, dass bei Motoren mit zwei und vier Polen und einer Bemessungsfrequenz von 50 Hz bis hinunter zu 25 Hz noch keine Reduzierung des Drehmomentes erforderlich ist. Darunter, z.B. bis herab zu 5 Hz, ist eine lineare Reduzierung des Drehmomentes in der Regel ausreichend. Im Feldschwäcbereich bei Frequenzen oberhalb der Bemessungsfrequenz wird bei üblichen Antriebsauslegungen der Motor mit konstanter Leistung betrieben, was eine lineare Reduzierung des Drehmomentes mit der Frequenz impliziert.

Die elektrisch-thermische Prüfung des Antriebes setzt sich dabei aus den beiden Elementen «Betrieb im ungestörten Normalbetrieb» und dem Überlastfall zusammen. Die Dauerbetriebserwärmung wird dabei bei Betrieb mit Bemessungsfrequenz sowie an den Endpunkten und jeder Stützstelle der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie (Bild 2) durchgeführt, bei dem hier beispielhaft betrachteten Motor bei 50 Hz (Bemessungsfrequenz), 87 Hz (obere Frequenzgrenze), 25 Hz (untere Frequenzgrenze ohne Drehmomentreduzierung) sowie bei 5 Hz (Minimalfrequenz des Motors). Hierbei dürfen auch bei der maximalen im Zertifikat angegebenen Umgebungstemperatur weder an den Dichtungen noch in Stator und Rotor noch am Gehäuse unzulässige Temperaturen auftreten.

Les pertes d'harmoniques supplémentaires du moteur à prévoir dans les configurations de convertisseurs usuelles sont faibles par rapport aux pertes fondamentales au point de mesure. Lorsque le moteur fonctionne à la puissance assignée, la part des pertes d'harmoniques dans l'exemple d'un moteur d'une puissance nominale de 5,5 kW est inférieure à 10% des pertes fondamentales (voir aussi figure 5).

L'utilisation d'un filtre de sortie sinusoïdale en aval du convertisseur permet d'éliminer les pertes d'harmoniques dues au convertisseur dans la machine. Cependant, la chute de tension au-dessus du filtre sinusoïdal doit être prise en compte et la tension de sortie du convertisseur doit, si possible, être augmentée en conséquence. Il est également possible de définir à une fréquence plus basse le point assigné où le couple assigné peut être sollicité.

Un cas de fonctionnement critique pour les moteurs autoventilés, en raison de la résistance thermique de l'environnement de l'enveloppe qui augmente avec la vitesse de rotation, est le fonctionnement à des vitesses inférieures au régime nominal sans réduction suffisante du couple.

En ce qui concerne la PTB, les nombreux essais effectués jusqu'à présent ont montré qu'il n'était pas encore nécessaire de réduire le couple pour les moteurs à deux et quatre pôles et à une fréquence assignée comprise entre 50 Hz et 25 Hz. En dessous, par exemple jusqu'à 5 Hz, une réduction linéaire du couple est généralement suffisante. Dans la plage d'affaiblissement du champ à des fréquences supérieures à la fréquence assignée, le moteur fonctionne à puissance constante dans les configurations d'entraînement usuelles, ce qui implique une réduction linéaire du couple avec la fréquence.

Le contrôle électrothermique de l'entraînement se compose des deux éléments «fonctionnement en mode normal sans défaut» et cas de surcharge. L'échauffement en fonctionnement continu s'effectue à la fréquence assignée ainsi qu'aux points d'extrémité et à chaque point d'appui de la courbe caractéristique couple-régime (figure 2), pour le moteur considéré à titre d'exemple à 50 Hz (fréquence nominale), 87 Hz (fréquence limite supérieure), 25 Hz (fréquence limite inférieure sans réduction du couple) et à 5 Hz (fréquence minimale du moteur). Dans ce cas, même à la température ambiante maximale indiquée dans le certificat, il ne

Bei Motoren der Zündschutzarten «eb» und «tb» gemäss EN / IEC 60079-31 [7] muss bei der Prüfung auch der Fehlerfall betrachtet werden. Hierzu wird der Motor an der oberen Frequenzgrenze bis zum Ansprechen der Einrichtung zur direkten Temperaturüberwachung überlastet. Hierbei dürfen weder am Gehäuse noch – bei Motoren der Zündschutzart «eb» – an den inneren Maschinenteilen zündfähige Temperaturen auftreten.

Bei staubexplosionsgefährdeten eigenbelüfteten Maschinen ist, wenn im Zertifikat eine niedrigere maximale Oberflächentemperatur als die Ansprechtemperatur der Überwachungseinrichtung angegeben wird, zusätzlich ein Überlastversuch bis zum Ansprechen der Temperaturüberwachungseinrichtung bei der minimal zulässigen Betriebsfrequenz erforderlich. Hiermit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass z.B. bei 5 Hz, bedingt durch die geringe Drehzahl, der Motorlüfter in erster Näherung keinen Beitrag mehr zur Kühlung des Motors liefert und stattdessen von freier Konvektion auszugehen ist. Hierbei nähert sich die Gehäusetemperatur der Wicklungstemperatur an, und es muss durch die Messung sichergestellt werden, dass die bescheinigte maximale Oberflächentemperatur auch im Überlastfall nicht überschritten wird.

In der späteren Anwendung würde es, bei korrekt parametrimtem Umrichter, im Überlastfall allerdings gar nicht erst zum Ansprechen der Temperaturüberwachung kommen, da der Umrichter die Überlast erkennt und den Antrieb abschaltet. Da der Umrichter jedoch keine gemäss Richtlinie 2014/34/EU funktionsgeprüfte Überwachungseinrichtung ist, muss bei der Motorprüfung ein Ausfall dieser Funktion angenommen werden.

Zusammenfassung / Ausblick

Durch die inhaltliche Anpassung der IEC 60079-14 Edition 6.0 an die aktuelle Ausgabe der IEC 60079-7 bezüglich der explosionsgeschützten umrichter-gespeisten Antriebe in den Zündschutzarten «eb» und «ec» konnten mehr Klarheit für den Betreiber und die mit der Prüfung vor Inbetriebnahme beauftragte Institution geschaffen und Anlässe für Rückfragen bei den zertifikatsausstellenden Benannten Stellen deutlich reduziert werden.

In einem nächsten Schritt ist geplant, das hier beschriebene Zertifizierungskonzept für umrichter-gespeiste Antriebe auch auf Gruppenantriebe zu erweitern. Hierzu werden aktuell in der PTB Konzept

doit pas y avoir de températures inadmissibles au niveau des joints, du stator, du rotor et de l'enveloppe.

Pour les moteurs des modes de protection «eb» et «tb» selon la norme EN/IEC 60079-31 [7], le défaut doit également être pris en compte lors de l'essai. Pour ce faire, le moteur est surchargé à la limite supérieure de fréquence jusqu'à ce que le dispositif de surveillance directe de la température réagisse. Il ne doit pas y avoir de températures inflammables au niveau de l'enveloppe ou, dans le cas des moteurs du mode de protection «eb», des parties intérieures de la machine.

Dans le cas des machines autoventilées en atmosphères explosives poussiéreuses, si le certificat indique une température de surface maximale inférieure à la température de réponse du dispositif de surveillance, un essai de surcharge supplémentaire est requis jusqu'à ce que le dispositif de surveillance de température réponde à la fréquence minimale autorisée. Il est ainsi tenu compte du fait qu'à 5 Hz, par exemple, en raison de la faible vitesse de rotation, le ventilateur du moteur ne contribue plus, a priori, au refroidissement du moteur et qu'il faut plutôt supposer la présence d'une convection libre. Dans ce cas, la température de l'enveloppe se rapproche de la température d'enroulement et la mesure doit garantir que la température de surface maximale certifiée n'est pas dépassée, même en cas de surcharge.

Lors d'une utilisation ultérieure, si le convertisseur est correctement paramétré, la surveillance de la température n'interviendrait pas du tout en cas de surcharge, car le convertisseur détecte la surcharge et arrête l'entraînement. Toutefois, le convertisseur n'étant pas un dispositif de surveillance éprouvé selon la directive 2014/34/UE, une défaillance de cette fonction doit être présumée lors de l'essai du moteur.

Résumé / perspectives

L'adaptation du contenu de l'édition 6.0 de la norme IEC 60079-14 à l'édition actuelle de la norme IEC 60079-7 concernant les entraînements antidéflagrants alimentés par convertisseur dans les modes de protection «eb» et «ec» a permis d'apporter plus de clarté à l'exploitant et à l'organisme chargé de la vérification avant la mise en service et de réduire considérablement le nombre de demandes de clarifications auprès des organismes notifiés délivrant les certificats.

te erarbeitet, um auch in dieser Konstellation den Motorschutz jederzeit sicherstellen zu können.

Literatur

- [1] IEC 60079-14 Ed. 6
Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installation design, selection and installation of equipment, including initial inspection
- [2] DIN EN / IEC 60079-7 Ed. 5
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche
Teil 7: Erhöhte Sicherheit «e»
- [3] Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemässen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen
- [4] IEC 60079-14 Ed. 5
Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installations design, selection and erection
- [5] Lehrmann, C.
Über ein Zulassungsverfahren für explosionsgeschützte, umrichtergespeiste Käfigläufer der Zündschutzart «Erhöhte Sicherheit» Dissertation, Leibniz-Universität Hannover, August 2006, ISBN: 978-3-8322-55657
- [6] Börcsök, J.
Funktionale Sicherheit: Grundzüge Sicherheitstechnischer Systeme, 5. Auflage 2021, VDE-Verlag, ISBN: 978-3-8007-5357-4
- [7] DIN EN / IEC 60079-31 Ed. 3
Elektrische Betriebsmittel für explosionsfähige Bereiche
Teil 31: Geräte-Staubexplosionsschutz durch Gehäuse «t»

Dans une prochaine étape, il est prévu d'étendre le concept de certification décrit ici pour les entraînements alimentés par convertisseur aux groupes d'entraînements. A cet effet, des concepts sont en cours d'élaboration au PTB afin de pouvoir garantir à tout moment la protection du moteur, même dans cette configuration.

Bibliographie

- [1] IEC 60079-14 éd. 6
Atmosphères explosives – Partie 14: Conception des installations électriques, sélection et installation des appareils, comprenant l'inspection initiale
- [2] DIN EN/IEC 60079-7 éd. 5
Atmosphères explosives
Partie 7: Sécurité augmentée «e»
- [3] Directive 2014/34/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des Etats membres concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles
- [4] IEC 60079-14 éd. 5
Atmosphères explosives – Partie 14: Conception, sélection et construction des installations électriques
- [5] Lehrmann, C.
Über ein Zulassungsverfahren für explosionsgeschützte, umrichtergespeiste Käfigläufer der Zündschutzart «Erhöhte Sicherheit» Dissertation, Universität de Leibniz Hanovre, août 2006, ISBN: 978-3-8322-55657
- [6] Börcsök, J.
Funktionale Sicherheit: Grundzüge Sicherheitstechnischer Systeme, 5e édition 2021, éditions VDE, ISBN: 978-3-8007-5357-4
- [7] DIN EN/IEC 60079-31 éd. 3
Atmosphères explosives
Partie 31: Protection contre l'inflammation de poussières par enveloppe «t» relative à l'appareil

thuba AG

CH-4002 Basel
Switzerland

Phone +41 61 307 80 00
Fax +41 61 307 80 10

customer.center@thuba.com
www.thuba.com

thuba[®]

THE EXPLOSIONPROOFING COMPANY

