



	DIN EN 60034-18-1 (VDE 0530-18-1)	
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	
<p>ICS 29.160</p> <p>Ersatz für DIN EN 60034-18-1 (VDE 0530-18-1):1995-08 und DIN EN 60034-18-1/A1 (VDE 0530-18-1/A1):1998-06 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit</p> <p>Drehende elektrische Maschinen – Teil 18-1: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen – Allgemeine Richtlinien (IEC 60034-18-1:2010); Deutsche Fassung EN 60034-18-1:2010</p> <p>Rotating electrical machines – Part 18-1: Functional evaluation of insulation systems – General guidelines (IEC 60034-18-1:2010); German version EN 60034-18-1:2010</p> <p>Machines électriques tournantes – Partie 18-1: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Principes directeurs généraux (CEI 60034-18-1:2010); Version allemande EN 60034-18-1:2010</p> <p style="text-align: right;">Gesamtumfang 23 Seiten</p> <p style="text-align: center;">DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p>		

DIN EN 60034-18-1 (VDE 0530-18-1):2010-09

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2010-05-01 angenommene EN 60034-18-1 gilt als DIN-Norm ab 2010-09-01.

Daneben dürfen **DIN EN 60034-18-1 (VDE 0530-18-1):1995-08** und **DIN EN 60034-18-1/A1 (VDE 0530-18-1/A1):1998-06** noch bis 2013-05-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60034-18-1 (VDE 0530-18-1):2008-03.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 311 „Drehende elektrische Maschinen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 2 „Rotating machinery“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60034-18-1 (VDE 0530-18-1):1995-08** und **DIN EN 60034-18-1/A1 (VDE 0530-18-1/A1):1998-06** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Norm bietet wie bisher die allgemeinen Richtlinien für die funktionelle Bewertung der verschiedenen Wicklungstypen, zusätzlich jedoch diejenigen für die elektrische Bewertung bei Beanspruchung im Umrichterbetrieb;
- b) die Norm ist nunmehr konzentriert ausgerichtet auf die allgemeinen Richtlinien, wobei sämtliche technischen Details der Prüfverfahren und Qualifizierungsregeln in die nachfolgenden Teile der Norm verlagert worden sind;
- c) die Norm liefert zusätzliche Details zu den allgemeinen Richtlinien der funktionellen Bewertung, insbesondere den statistischen Verfahren zum Vergleich zwischen Referenz- und Erprobungs-Isoliersystem und der Bewertung von geringfügigen Änderungen bei den Komponenten und im Fertigungsprozess;
- d) die Norm enthält eine neue Eignungsprüfung für die Bestätigung eines erwarteten Qualitätsniveaus im Fertigungsprozess der Isoliersysteme;
- e) die Norm beschränkt die Klassifizierung von Isoliersystemen als Ergebnis der funktionellen Bewertung auf die thermische Klassifizierung. Andere Arten der Klassifizierung (Klassen) von Isoliersystemen gibt es nicht mehr.

Frühere Ausgaben

DIN EN 60034-18-1 (VDE 0530-18-1): 1995-08
DIN EN 60034-18-1/A1 (VDE 0530-18-1/A1): 1998-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60034-1	IEC 60034-1	DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1)	VDE 0530-1
–	–	DIN EN 60034-1 Ber 1 (VDE 0530-1 Ber 1)	VDE 0530-1 Ber 1
Normen der Reihe EN 60034-18	Normen der Reihe IEC 60034-18	Normen der Reihe DIN EN 60034-18 (VDE 0530-18)	Normen der Reihe VDE 0530-18
EN 60034-18-21	IEC 60034-18-21	DIN EN 60034-18-21 (VDE 0530-18-21)	VDE 0530-18-21
EN 60034-18-21/A1	IEC 60034-18-21/A1	DIN EN 60034-18-21/A1 (VDE 0530-18-21/A1)	VDE 0530-18-21/A1
EN 60034-18-21/A2	IEC 60034-18-21/A2	DIN EN 60034-18-21/A2 (VDE 0530-18-21/A2)	VDE 0530-18-21/A2
EN 60034-18-22	IEC 60034-18-22	DIN EN 60034-18-22 (VDE 0530-18-22)	VDE 0530-18-22
EN 60034-18-31	IEC 60034-18-31	DIN EN 60034-18-31 (VDE 0530-18-31)	VDE 0530-18-31
EN 60034-18-31/A1	IEC 60034-18-31/A1	DIN EN 60034-18-31/A1 (VDE 0530-18-31/A1)	VDE 0530-18-31/A1
CLC/TR 60034-18-32	IEC/TR 60034-18-32	DIN V VDE V 0530-18-32 (VDE V 0530-18-32)	VDE V 0530-18-32
CLC/TR 60034-18-33	IEC/TR 60034-18-33	DIN V VDE V 0530-18-33 (VDE V 0530-18-33)	VDE V 0530-18-33
CLC/TS 60034-18-34	IEC/TS 60034-18-34	DIN VDE 0530-18 Bbl 1 (VDE 0530-18 Bbl 1)	VDE 0530-18 Bbl 1
–	IEC/TS 60034-18-41	DIN IEC/TS 60034-18-41 (VDE V 0530-18-41)	VDE V 0530-18-41

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC/TS 60034-18-42	–	–
–	IEC 60050-411:1996 + A1:2007	IEV 411:1998-02 ersetzt durch IEV 411:2008-04 ¹⁾	–
EN 60085	IEC 60085	DIN EN 60085 (VDE 0301-1)	VDE 0301-1
Normen der Reihe EN 60216	Normen der Reihe IEC 60216	Normen der Reihe DIN EN 60216 (VDE 0304)	Normen der Reihe VDE 0304
–	IEC 60493-1	–	–
EN 60505:2004	IEC 60505:2004	DIN EN 60505 (VDE 0302-1):2005-08	VDE 0302-1
–	IEC 62539	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten*

DIN EN 60034-1 **Berichtigung 1** (VDE 0530-1 **Berichtigung 1**), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten*

DIN EN 60034-18 (VDE 0530-18) Normen der Reihe, *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen*

DIN EN 60034-18-21 (VDE 0530-18-21), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen; Hauptabschnitt 21: Prüfverfahren für Runddrahtwicklungen; Thermische Bewertung und Klassifizierung*

DIN EN 60034-18-21/A1 (VDE 0530-18-21/A1), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen; Hauptabschnitt 21: Prüfverfahren für Runddraht-Wicklungen; Thermische Bewertung und Klassifizierung*

DIN EN 60034-18-21/A2 (VDE 0530-18-21/A2), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen; Hauptabschnitt 21: Prüfverfahren für Runddraht-Wicklungen; Thermische Bewertung und Klassifizierung*

DIN EN 60034-18-22 (VDE 0530-18-22), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18-22: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen – Prüfverfahren für Runddrahtwicklungen – Klassifizierung von Änderungen und Substitutionen von Systemkomponenten*

¹⁾ Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: <http://www.dke.de/dke-iev>.

DIN EN 60034-18-31 (VDE 0530-18-31), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen; Hauptabschnitt 31: Prüfverfahren für Wicklungen mit vorgeformten Elementen; Thermische Bewertung und Klassifizierung von Isoliersystemen für Maschinen bis einschließlich 50 MVA und 15 kV*

DIN EN 60034-18-31/A1 (VDE 0530-18-31/A1), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen; Hauptabschnitt 31: Prüfverfahren für Wicklungen mit vorgeformten Elementen; Thermische Bewertung und Klassifizierung von Isoliersystemen für Maschinen bis einschließlich 50 MVA und 15 kV*

DIN EN 60085 (VDE 0301-1), *Elektrische Isolierung – Thermische Bewertung und Bezeichnung*

DIN EN 60216 (VDE 0304) Normen der Reihe, *Elektroisoliertstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens*

DIN EN 60505 (VDE 0302-1):2005-08, *Bewertung und Kennzeichnung von elektrischen Isoliersystemen (IEC 60505:2004); Deutsche Fassung EN 60505:2004*

DIN IEC/TS 60034-18-41 (VDE V 0530-18-41), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18-41: Qualifizierung und Typprüfung elektrischer Isoliersysteme vom Typ I in drehenden elektrischen Maschinen, die von Spannungsumrichtern gespeist werden*

DIN VDE 0530-18 Bbl 1 (VDE 0530-18 Bbl 1), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen – Hauptabschnitt 34: Prüfverfahren für Wicklungen mit vorgeformten Elementen – Bewertung der thermomechanischen Belastbarkeit*

DIN V VDE V 0530-18-32 (VDE V 0530-18-32), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen – Hauptabschnitt 32: Prüfverfahren für Wicklungen mit vorgeformten Elementen; Elektrische Bewertung von Isoliersystemen für Maschinen bis 50 MVA und 15 kV*

DIN V VDE V 0530-18-33 (VDE V 0530-18-33), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen – Hauptabschnitt 33: Prüfverfahren für Wicklungen mit vorgeformten Elementen; Funktionelle Bewertung bei mehreren Einflussgrößen; Lebensdauer von Isoliersystemen für Maschinen bis 50 MVA und 15 kV bei kombinierter thermischer und elektrischer Beanspruchung*

IEV-411:2008-04, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 411: Drehende Maschinen; IEC 60050-411:1996-06 und A1:2007-11*

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Drehende elektrische Maschinen –
Teil 18-1: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen –
Allgemeine Richtlinien
(IEC 60034-18-1:2010)

Rotating electrical machines –
Part 18-1: Functional evaluation of insulation
systems –
General guidelines
(IEC 60034-18-1:2010)

Machines électriques tournantes –
Partie 18-1: Evaluation fonctionnelle des
systèmes d'isolation –
Principes directeurs généraux
(CEI 60034-18-1:2010)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2010-05-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 2/1583/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60034-18-1, ausgearbeitet von dem IEC/TC 2 „Rotating machinery“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2010-05-01 als EN 60034-18-1 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60034-18-1:1994 + A1:1996.

Diese EN 60034-18-1:2010 enthält gegenüber der EN 60034-18-1:1994 + A1:1996 die folgenden wesentlichen technischen Änderungen:

- sie bietet wie bisher die allgemeinen Richtlinien für die funktionelle Bewertung der verschiedenen Wicklungstypen, zusätzlich jedoch diejenigen für die elektrische Bewertung bei Beanspruchung im Umrichterbetrieb;
- sie ist nunmehr konzentriert ausgerichtet auf die allgemeinen Richtlinien, wobei sämtliche technischen Details der Prüfverfahren und Qualifizierungsregeln in die nachfolgenden Teile der Norm verlagert worden sind;
- sie liefert zusätzliche Details zu den allgemeinen Richtlinien der funktionellen Bewertung, insbesondere den statistischen Verfahren zum Vergleich zwischen Referenz- und Erprobungs-Isoliersystem und der Bewertung von geringfügigen Änderungen bei den Komponenten und im Fertigungsprozess;
- sie enthält eine neue Eignungsprüfung für die Bestätigung eines erwarteten Qualitätsniveaus im Fertigungsprozess der Isoliersysteme;
- sie beschränkt die Klassifizierung von Isoliersystemen als Ergebnis der funktionellen Bewertung auf die thermische Klassifizierung. Andere Arten der Klassifizierung (Klassen) von Isoliersystemen gibt es nicht mehr.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN und CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2011-02-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2013-05-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60034-18-1:2010 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
3.1 Allgemeine Benennungen	6
3.2 Benennungen, die sich auf die Prüfobjekte beziehen	7
3.3 Benennungen, die sich auf Einflussfaktoren und Alterungsfaktoren beziehen	7
3.4 Benennungen, die sich auf die Prüfung und Bewertung beziehen	8
4 Allgemeine Feststellungen zur funktionellen Bewertung.....	8
4.1 Einleitung	8
4.2 Auswirkung von Alterungsfaktoren	9
4.3 Referenz-/Erprobungs-Isoliersystem.....	9
4.4 Bewertung von geringfügigen Änderungen von Komponenten oder im Fertigungsprozess.....	10
4.5 Funktionsprüfungen.....	10
4.6 Eignungsprüfungen	10
5 Thermische Funktionsprüfungen.....	11
5.1 Allgemeine Feststellungen zu thermischen Funktionsprüfungen.....	11
5.2 Auswertung, Prüfbericht und Klassifizierung.....	11
6 Elektrische Funktionsprüfungen	12
6.1 Allgemeine Feststellungen zu elektrischen Funktionsprüfungen	12
6.2 Auswertung und Prüfbericht	13
7 Mechanische Funktionsprüfungen	13
8 Funktionsprüfungen zu Umgebungseinflüssen	13
9 Funktionsprüfungen mit mehreren Einflussgrößen	14
Literaturhinweise.....	15
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	16

Einleitung

IEC 60034-18 umfasst mehrere Hauptabschnitte, die sich mit den verschiedenen Arten der funktionellen Bewertung und den spezifischen Prüfverfahren für Isoliersysteme drehender elektrischer Maschinen befassen. IEC 60034-18-1 enthält die allgemeinen Richtlinien für solche Verfahren und die Prinzipien der Qualifizierung, dagegen enthalten die nachfolgenden Teile [IEC 60034-18-21](#), [IEC 60034-18-22](#), [IEC 60034-18-31](#), IEC 60034-18-32, IEC 60034-18-33, IEC 60034-18-34, [IEC 60034-18-41](#) und IEC 60034-18-42 die detaillierten Verfahren für die verschiedenen Wicklungsarten. Darüber hinaus enthalten die Teile [IEC 60034-18-41](#) und IEC 60034-18-42 spezielle Prüfverfahren für die elektrische Bewertung von Wicklungen, die durch Umrichterspeisung elektrisch beansprucht werden.

Die folgenden Normen sind Basis und Hintergrund für die Ausarbeitung der voran genannten Dokumente:

IEC 60505 bildet die Basis für die Bewertung der Alterung von elektrischen Isoliersystemen unter dem Einfluss von elektrischen, thermischen, mechanischen oder umweltbedingten Beanspruchungen beziehungsweise von Kombinationen dieser Beanspruchungen (Multifaktor-Beanspruchungen). Es werden die allgemeinen Prinzipien und Verfahren, die bei der Ausarbeitung von funktionellen Prüf- und Bewertungsverfahren befolgt werden sollten, angegeben.

IEC 60216 behandelt die Bestimmung der thermischen Beständigkeit von einzelnen Isolierstoffen. Unter der Annahme, dass die Arrhenius-Beziehung für die thermische Alterung gilt, werden Prüfverfahren und Bewertungsregeln für charakteristische Parameter wie „Temperaturindex“ (TI), „Halbierungsintervall“ (HIC) und „Relativer Temperaturindex“ (RTE) angegeben. Für alle diese Parameter werden Eigenschaften und End-Punkt-Kriterien spezifiziert. Folglich kann ein einzelner Isolierstoff durch mehr als nur einen Temperaturindex gekennzeichnet sein, wenn verschiedene Eigenschaften und verschiedene End-Punkt-Kriterien benutzt werden.

[IEC 60085](#) behandelt die thermische Bewertung von Isolierstoffen und Isoliersystemen für den Einsatz in elektrischen Betriebsmitteln. Insbesondere werden Wärmeklassen von Isoliersystemen definiert und deren Bezeichnung angegeben, z. B. 130 (B), 155 (F) und 180 (H) für den Einsatz in drehenden Maschinen nach [IEC 60034-1](#). In der Vergangenheit wurden Isolierstoffe für Isoliersysteme häufig nur unter dem Gesichtspunkt der thermischen Beständigkeit der einzelnen Isolierstoffe nach IEC 60216 ausgewählt. [IEC 60085](#) empfiehlt jedoch, dass eine solche Auswahl nur zur orientierenden Überprüfung von Isolierstoffen für die weitere funktionelle Bewertung eines neuen, nicht betriebserprobten Isoliersystems dient. Diese Bewertung wird auf Basis eines Vergleiches mit einem betriebserprobten Referenz-Isoliersystem durchgeführt. Wesentliche Grundlage zur Beurteilung der thermischen Beständigkeit eines Isoliersystems ist die Betriebserfahrung.

IEC 62539 enthält die statistischen Verfahren für die Auswertung der Durchschlagzeiten und der Durchschlagsspannungen aus elektrischen Prüfungen an festen Isolierstoffen zum Zweck der Charakterisierung des Systems und zum Vergleich mit anderen Isoliersystemen. Es werden Auswertungen mit Hilfe der Weibull-Verteilung, aber auch mit anderen Verteilungen beschrieben.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60034 behandelt allgemeine Richtlinien für die funktionelle Bewertung von elektrischen Isoliersystemen, die in drehenden elektrischen Maschinen nach IEC 60034-1 verwendet werden oder zur Verwendung vorgesehen sind, sowie die Qualifizierung solcher Isoliersysteme.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-18-21, *Rotating electrical machines – Part 18-21: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for wire-wound windings – Thermal evaluation and classification*

IEC 60034-18-22, *Rotating electrical machines – Part 18-22: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for wire-wound windings – Classification of changes and insulation component substitutions*

IEC 60034-18-31, *Rotating electrical machines – Part 18-31: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Thermal evaluation and classification of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV*

IEC 60034-18-32, *Rotating electrical machines – Part 18-32: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Evaluation of electrical endurance of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV*

IEC 60034-18-33, *Rotating electrical machines – Part 18-33: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Multifactor functional evaluation – Endurance under combined thermal and electrical stresses of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV*

IEC 60034-18-34, *Rotating electrical machines – Part 18-34: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Evaluation of thermomechanical endurance of insulation systems*

IEC 60034-18-41, *Rotating electrical machines – Part 18-41: Qualification and type tests for Type I electrical insulation systems used in rotating electrical machines fed from voltage converters*

IEC/TS 60034-18-42, *Rotating electrical machines – Part 18-42: Qualification and acceptance tests for partial discharge resistant electrical insulation systems (Type II) used in rotating electrical machines fed from voltage converters*

IEC 60085, *Thermal evaluation and designation of electrical insulation*

IEC 60216 (all parts), *Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance*

IEC 60493-1, *Guide for the statistical analysis of ageing test data – Part 1: Methods based on mean values of normally distributed test results*

IEC 60505:2004, *Evaluation and qualification of electrical insulation systems*

IEC 62539, *Guide for the statistical analysis of electrical insulation breakdown data*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeine Benennungen

3.1.1

Klassentemperatur

Temperatur, für die das Isoliersystem geeignet ist, wobei die Definition der Wärmeklasse nach IEC 60085 und IEC 60505 entspricht

3.1.2

Isoliersystem

isolierende Anordnung auf leitenden Teilen in drehenden elektrischen Maschinen, bestehend aus einem oder mehreren Isolierstoffen

[IEC 60505:2004, 3.1.1, modifiziert]

ANMERKUNG 1 Die Wicklungen dürfen mehrere Isolierungskomponenten enthalten, wovon jede für unterschiedliche Betriebsbeanspruchungen bemessen ist, d. h. Windungsisolierung, Nut- und Wickelkopfisolierung. Auf die verschiedenen Komponenten im Gesamtsystem dürfen unterschiedliche Kriterien angewendet werden.

ANMERKUNG 2 Innerhalb eines speziellen Maschinentyps dürfen mehrere Isoliersysteme enthalten sein. Diese Isoliersysteme dürfen unterschiedlichen Wärmeklassen angehören (z. B. Ständer- und Läuferwicklungen).

3.1.3

Erprobungs-Isoliersystem

Isoliersystem, das zur Ermittlung seiner Beständigkeit gegen Alterungseinflüsse untersucht wird

[IEC 60050-411, Amendment 1:2007, 411-39-26, modifiziert]

3.1.4

Referenz-Isoliersystem

Isoliersystem, dessen Funktionstüchtigkeit durch zufriedenstellende Betriebserfahrung festgestellt wurde

[IEC 60050-411, Amendment 1:2007, 411-39-27]

3.1.5

Spule

eine oder mehrere Windungen von isolierten Leitern, die in Reihe geschaltet, von einer gemeinsamen Isolierung umgeben und so angeordnet sind, dass sie mit einem magnetischen Fluss verkettet sind oder ihn erzeugen

[IEC 60050-411:1996, 411-38-03, modifiziert]

3.1.6

Stab

eine Hälfte einer vollständigen Formspule (siehe 3.1.8). Die beiden Hälften werden miteinander verbunden, nachdem sie in die Nuten eingelegt worden sind, und umfassen eine Spulenhälfte und einen geeigneten Wickelkopf

[IEC 60050-411:1996, 411-38-05, modifiziert]

ANMERKUNG Stäbe werden im Allgemeinen in großen Wechselstrommaschinen verwendet und sie bilden – wenn auch nicht immer – in einer Zweischichtwicklung Spulen mit nur einer Windung.

3.1.7

Drahtwicklung

Wicklung, die aus Spulen besteht, die mit einem oder mehreren isolierten Leitern gewickelt sind, wobei die einzelnen Leiter zufällige Positionen in der Spulenseite einnehmen

ANMERKUNG Sie besteht üblicherweise aus Runddraht und wird eingeträufelt.

[IEC 60050-411:1996, 411-38-13, modifiziert]

3.1.8

Wicklung mit vorgeformten Elementen

Wicklung, die aus vorgeformten Spulen oder Stäben besteht, die vor dem Einbau an ihren endgültigen Platz isoliert und im Wesentlichen fertiggestellt sind

ANMERKUNG Sie sind üblicherweise aus Leitern mit Rechteck-Querschnitt gewickelt.

[IEC 60050-411:1996, 411-38-11, modifiziert]

3.2 Benennungen, die sich auf die Prüfobjekte beziehen

3.2.1

Prüfobjekt

zu prüfende Einheit

ANMERKUNG 1 Sie kann eine komplette Maschine, eine Maschinenkomponente oder ein Prüfmodell sein (siehe 3.2.3 und 3.2.4), an denen Funktionsprüfungen ausgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Ein Prüfobjekt darf mehr als einen Prüfling enthalten (siehe 3.2.2).

3.2.2

Prüfling

Einzelkomponente innerhalb eines Prüfobjektes, das für die Ermittlung eines Teilprüfergebnisses verwendet werden kann (z. B. die Ausfallzeit)

ANMERKUNG Ein Prüfling darf mehr als eine Isolierungskomponente enthalten (z. B. die Windungsisolierung und die Hauptisolierung), wobei jede einzelne das Teilprüfergebnis liefern kann.

3.2.3

Formette

spezielles Prüfmodell, das für die Bewertung von Isoliersystemen mit Wicklungen aus vorgeformten Elementen verwendet wird

[IEC 60050-411, Amendment 1:2007, 411-53-64]

3.2.4

Motorette

spezielles Prüfmodell, das für die Bewertung von Isoliersystemen mit Drahtwicklungen (Träufelwicklungen) verwendet wird

[IEC 60050-411, Amendment 1:2007, 411-53-65]

3.3 Benennungen, die sich auf Einflussfaktoren und Alterungsfaktoren beziehen

3.3.1

Einflussfaktor

Beanspruchung durch Betrieb, Umgebung oder Prüfung, die die Alterung oder die Lebensdauer eines Isoliersystems beeinflussen kann

3.3.2

Alterungsfaktor

Einflussfaktor, der Alterung bewirkt

ANMERKUNG In den verschiedenen Teilen der Wicklung einer elektrischen Maschine können unterschiedliche Einflussfaktoren oder Alterungsfaktoren dominieren (z. B. in der Windungsisolierung oder in der Wickelkopfisolierung). Deshalb können unterschiedliche Bewertungskriterien für diese verschiedenen Teilsolierungen herangezogen werden. Ebenso kann es zweckmäßig sein, unterschiedliche funktionelle Bewertungen für diese Teile durchzuführen.

3.4 Benennungen, die sich auf die Prüfung und Bewertung beziehen

3.4.1

Diagnosefaktor

variable oder gleichbleibende Beanspruchung einer Isolierungskomponente eines Prüflings zur Ermittlung des Zustandes nach Alterung, ohne dabei wesentlich zur Alterung beizutragen

[IEC 60505:2004, 3.3.7, modifiziert]

3.4.2

Funktionsprüfung

vergleichende Prüfung, bei der das Erprobungs-Isoliersystem und das Referenz-Isoliersystem Alterungsfaktoren und Diagnosefaktoren mit dem Ziel ausgesetzt werden, das Erprobungs-Isoliersystem zu qualifizieren

3.4.3

Lebensdauerprüfung

Prüfung, bei der das Isoliersystem eines Prüfobjektes einem oder mehreren von den Betriebsbedingungen abgeleiteten Alterungsfaktoren ausgesetzt wird, um Veränderungen spezifischer Eigenschaften durch Diagnoseprüfungen bewerten zu können

3.4.4

diagnostische Prüfung

Prüfung, bei der das Isoliersystem eines Prüfobjektes einem oder mehreren Diagnosefaktoren ausgesetzt wird, um dessen Zustand durch Messungen oder Beständigkeitsprüfungen zu erkennen und möglicherweise das Ende seiner Prüflebensdauer zu bestimmen

3.4.5

Kriterium für das Ende der Lebensdauer

ausgewählter Eigenschaftswert eines Prüfobjektes, um das Ende seiner Prüflebensdauer anzuzeigen oder ausgewählt für den Vergleich zwischen Isoliersystemen

3.4.6

Ende der Lebensdauer

Ende der Prüfung entsprechend dem Kriterium für das Ende der Lebensdauer

3.4.7

Klassifizierung

Reihe von Untersuchungen, die zur Bestimmung der Wärmeklasse eines Isoliersystems führen

4 Allgemeine Feststellungen zur funktionellen Bewertung

4.1 Einleitung

Alle in der Norm IEC 60034-18 aufgeführten funktionellen Prüfungen basieren auf Vergleichen. Das Verhalten eines Erprobungs-Systems wird mit dem eines Referenz-Systems verglichen, indem beide gleichwertigen Prüfbedingungen unterworfen werden, und zwar hinsichtlich der Prüfobjekte, der Alterungsverfahren sowie der diagnostischen Prüfungen.

Am Ende jeder funktionellen Prüfung ist eine funktionelle Bewertung durchzuführen. Das bedeutet, dass die diagnostischen Daten, die vom Erprobungs- und vom Referenz-System erhalten worden sind, miteinander verglichen werden. In der Regel werden die mittleren Ausfallzeiten miteinander verglichen.

Das Erprobungs-System gilt als qualifiziert, wenn die Daten des Erprobungs-Systems nicht schlechter sind als die des Referenz-Systems. Das ist dann der Fall, wenn der 90 %-Vertrauensbereich desjenigen Quantiles der gewählten Wahrscheinlichkeits-Verteilungsfunktion, das den Mittelwert repräsentiert, größer ist als derjenige des Referenz-Systems beziehungsweise sich mit diesem überlappt (siehe IEC 60493-1 und IEC 62539).

Aufgrund der bei Wicklungen drehender elektrischer Maschinen vorhandenen großen Unterschiede bezüglich Größe, Spannung und Betriebsbedingungen kann es für die Bewertung der verschiedenen Wicklungsarten erforderlich sein, unterschiedliche funktionelle Bewertungsverfahren anzuwenden. Diese Verfahren können unterschiedlich komplex sein, wobei im einfachsten Fall nur ein Alterungsfaktor wirkt (z. B. thermisch oder elektrisch).

Die Verfahren der funktionellen Bewertung erlauben Vergleiche zwischen den einzelnen Isoliersystemen und erlauben die Qualifizierung von Erprobungs-Isoliersystemen, können aber nicht vollständig die Vorteile eines bestimmten Isoliersystems ermitteln. Solche Informationen können nur aus umfassender Betriebserfahrung gewonnen werden.

4.2 Auswirkung von Alterungsfaktoren

Alle Alterungsfaktoren – d. h. thermische, elektrische, umgebungsbedingte und mechanische – beeinflussen die Lebensdauer aller Arten von Maschinen, jedoch ändert sich die Bedeutung jedes dieser Faktoren mit dem Maschinentyp und dem vorgesehenen Betrieb. In einigen Fällen kann jedoch einer dieser Alterungsfaktoren als dominant im Vergleich zu den anderen angesehen werden.

In anderen Fällen können mehrere Alterungsfaktoren signifikant wirken. Diese unterschiedlichen Bedingungen müssen bei der Auswahl der geeigneten Funktionsprüfung im Sinne dieser Norm berücksichtigt werden.

Die Isolierung von kleinen und mittelgroßen netzgespeisten Niederspannungs-Maschinen altert vorzugsweise thermisch und umgebungsbedingt. Die elektrischen und mechanischen Beanspruchungen sind vergleichsweise unbedeutend.

Mittel- und Großmaschinen mit Formspulenwicklungen altern ebenso thermisch und umgebungsbedingt, können jedoch zusätzlich elektrischen und mechanischen Belastungen, die als bedeutsame Alterungsfaktoren wirken, ausgesetzt sein.

Sehr große Maschinen, die im Allgemeinen Stabwicklungen haben und die gegebenenfalls unter speziellen Umgebungsbedingungen, z. B. Wasserstoff, arbeiten, sind in der Regel vorzugsweise mechanisch oder elektrisch oder kombiniert mechanisch-elektrisch beansprucht. Die Temperatur und die Umgebung können dagegen weniger bedeutsame Alterungsfaktoren sein.

Die Wicklungsisolierung von Klein-, Mittel- und Groß-Maschinen (einschließlich sehr großer Maschinen) kann bei Umrichterspeisung maßgeblich elektrisch beansprucht werden (siehe IEC 60034-18-41 und IEC 60034-18-42).

4.3 Referenz-/Erprobungs-Isoliersystem

Ein Isoliersystem ist als Referenz-Isoliersystem geeignet, wenn dessen Funktionstüchtigkeit durch hinreichende Betriebserfahrung bestätigt ist. Das bedeutet:

- es hat sich über ausreichend lange Zeit unter Betriebsbedingungen, die für die Bemessungsdaten oder Klasse charakteristisch sind, und in typischen Anwendungsfällen für dieses Isoliersystem im Betrieb bewährt;
- die Betriebserfahrung wurde an einer ausreichend großen Stückzahl von Maschinen gewonnen.

Ein Referenz-Isoliersystem muss zusammen mit einem Erprobungs-System mit den gleichen Prüfverfahren und mit den gleichen Prüfeinrichtungen, vorzugsweise im gleichen Prüflabor, geprüft werden.

Falls es erforderlich ist, die Ergebnisse eines anderen Prüflabors in die Bewertung einzubeziehen, kann es vorkommen, dass die tatsächlichen numerischen Prüfergebnisse voneinander abweichen, falls die originalen Bedingungen nicht exakt nachgebildet wurden. Beim Vergleich der Ergebnisse zwischen qualifizierten Prüflabors sollten jedoch gleiche Relationen zwischen Referenz- und Erprobungs-System vorhanden sein.

4.4 Bewertung von geringfügigen Änderungen von Komponenten oder im Fertigungsprozess

Jede Substitution von Komponenten (Isolierstoffen) oder jede bedeutsame Änderung im Fertigungsprozess wandelt ein Referenz-System in ein Erprobungs-System mit der Notwendigkeit einer erneuten funktionellen Bewertung, es sei denn, die neue Komponente kann als chemisch und physikalisch gleichwertig (identisch) angesehen werden, und die Änderung im Fertigungsprozess hat zweifelsfrei keinen Einfluss auf die Eigenschaften des elektrischen Isoliersystems.

Es kann sein, dass die beabsichtigte Änderung hinsichtlich des dominierenden Alterungsfaktors oder Kombinationen von Alterungsfaktoren nur eine unbedeutende Änderung darstellt. Solch eine geringfügige Änderung ist der Wechsel einer Komponente oder eine Änderung im Fertigungsprozess, von der angenommen werden darf, dass sie das Isoliervermögen des Systems nicht nennenswert beeinflusst, und ist gegebenenfalls Entscheidungsgrundlage dafür, an Stelle einer vollständigen funktionellen Bewertung lediglich eine reduzierte funktionelle Bewertung oder spezielle Lebensdauerprüfungen durchzuführen (siehe IEC 60034-18-22 in Verbindung mit IEC 60034-18-21, IEC 60034-18-31, IEC 60034-18-32 und IEC 60034-18-33).

Es liegt in der Verantwortung des Maschinenherstellers zu entscheiden, ob eine Bestätigung notwendig ist und mit welcher Berechtigung eine reduzierte funktionelle Bewertung oder spezielle Lebensdauerprüfungen durchgeführt werden sollten. Es können eine vollständige oder eine reduzierte funktionelle Bewertung oder spezielle Lebensdauerprüfungen erforderlich sein.

Sofern eine solche Bestätigung einer geringfügigen Änderung durchgeführt wird, sollte sie der Maschinenhersteller in die Dokumentation des Isoliersystems einbeziehen.

4.5 Funktionsprüfungen

Wie in 3.4.2 beschrieben, werden Funktionsprüfungen durchgeführt, um das Isoliersystem zu qualifizieren. Die Funktionsprüfungen werden in Zyklen ausgeführt, wobei jeder Zyklus aus einem Alterungs-Unterzyklus und einem diagnostischen Unterzyklus besteht. Während des Alterungs-Unterzyklus werden die Prüflinge mit dem festgelegten Alterungsfaktor beansprucht, der zur Beschleunigung der Alterung entsprechend verstärkt ist. Beim diagnostischen Unter-Zyklus werden die Prüflinge angepassten diagnostischen Prüfungen unterzogen, um das Ende der Prüflebensdauer zu bestimmen, oder zu diesem Zeitpunkt relevante Eigenschaften des Isoliersystems zu messen. In manchen Fällen kann der Alterungsfaktor selbst als diagnostischer Faktor wirken und das Prüfende herbeiführen.

Es müssen nicht in jedem Falle alle diagnostischen Prüfungen angewendet werden. Besondere Gesichtspunkte können einige diagnostische Prüfungen ausschließen oder als nicht durchführbar aufzeigen.

Das Ergebnis dieser Funktionsprüfungen ist ein Vergleich. Definierte Lebensdauer-Schätzungen für den Betrieb sind weder durch Extrapolation noch Berechnungen erlaubt, da zusätzliche Einflussfaktoren wirken können.

4.6 Eignungsprüfungen

Im Allgemeinen können Eignungsprüfungen durchgeführt werden, um zu bestätigen, dass die verwendeten Isolierstoffe und die angewandten Fertigungsverfahren zum erwarteten Qualitätsniveau in der Fertigung führen. Eignungsprüfungen sind nicht für die Qualifizierung eines Isoliersystems geeignet.

Die Entscheidung, ob Eignungsprüfungen durchzuführen sind oder nicht, ist zwischen Hersteller und Anwender abzustimmen.

Wenn Eignungsprüfungen nicht an Prüfobjekten durchführbar sind, die mit den Wicklungselementen eines konkreten Auftrages hergestellt worden sind, kann die Eignungsprüfung als Typprüfung durchgeführt werden.

5 Thermische Funktionsprüfungen

5.1 Allgemeine Feststellungen zu thermischen Funktionsprüfungen

Die thermischen Funktionsprüfungen nach vorliegender Norm dienen der Ermittlung von Daten zur Bestimmung der Wärmeklasse eines neuen Isoliersystems, das noch nicht betriebserprobt ist.

Diese Richtlinien werden je nach zu bewertendem speziellem Wicklungstyp in Verbindung mit IEC 60034-18-21, IEC 60034-18-22 und IEC 60034-18-31 und für die Fälle angewendet, in denen der thermische Alterungsfaktor dominierend gegenüber den anderen Alterungsfaktoren ist.

Die Grundsätze der vorliegenden Norm wurden unter Beachtung von IEC 60085, IEC 60493-1, IEC 60505 und IEC 62539 erarbeitet.

Die thermischen Alterungsprozesse im Isoliersystem drehender elektrischer Maschinen können komplex sein. Da auch die Isoliersysteme von drehenden elektrischen Maschinen zwar unterschiedlich ausgeprägt, aber im Allgemeinen komplex sind, gibt es in drehenden Maschinen keine einfachen Systeme im Sinne der IEC 60085.

Falls sich die angestrebte Wärmeklasse für das Erprobungs-System von der bekannten Wärmeklasse des Referenz-Systems unterscheidet, müssen angepasste Alterungstemperaturen, unterschiedliche Zeitdauern für die Unterzyklen und – wenn es technisch gerechtfertigt ist – unterschiedliche Diagnosefaktoren angewendet werden.

Die diagnostischen Prüfungen, z. B. die mechanischen Prüfungen, die Feuchtelagerung und die Spannungsprüfungen, sind nach jedem thermischen Alterungs-Unterzyklus anzuwenden, um den Zustand des Isoliersystems festzustellen.

Es sollte beachtet werden, dass bei Alterungsprüfungen mit Temperaturen oberhalb der Betriebstemperatur größere mechanische Beanspruchungen und eine erhöhte Konzentration von Zersetzungsprodukten während der Alterung auftreten können. Es wird ebenso darauf hingewiesen, dass sich Ausfälle aufgrund von außergewöhnlich hohen mechanischen Beanspruchungen oder (elektrischen) Spannungen im Allgemeinen von denjenigen Ausfällen unterscheiden, die im Langzeitbetrieb auftreten.

5.2 Auswertung, Prüfbericht und Klassifizierung

Es wird die Annahme getroffen, dass das Ende der Prüflebensdauer der Isolierung während der thermischen Alterung in der Mitte zwischen den letzten beiden aufeinanderfolgenden Diagnosen erreicht wurde.

Die Gesamtstundenzahl der thermischen Alterung bis zum Ende der Prüfung muss für jeden Prüfling und für jede Temperatur protokolliert werden.

Aus den Ergebnissen der Alterung werden thermische Lebensdauer-Kennlinien nach den Richtlinien in IEC 60493-1 und IEC 62539 für das Erprobungs-System und das Referenz-System aufgetragen. Die gewählte Verteilungsfunktion für die Prüfergebnisse aus der Alterung ist auf ihre Passfähigkeit hin zu prüfen.

Wenn sich in speziellen Anwendungsfällen innerhalb der gleichen Wärmeklasse die Anforderungen an die erwartete Lebensdauer für das Erprobungs-Isoliersystem wesentlich von denen für das Referenz-Isoliersystem unterscheiden, dann kann dieser Sachverhalt bei der Klassifizierung berücksichtigt werden (siehe IEC 60034-18-21 und IEC 60034-18-31). Im Prüfbericht ist diese Vorgehensweise zu begründen.

Falls die thermischen Lebensdauer-Kennlinien für das Referenz- und das Erprobungs-System deutlich unterschiedliche Neigungen haben, ist es offensichtlich, dass die zugehörigen Alterungsmechanismen signifikant unterschiedlich sind, und es ist daher zweifelhaft, ob aus dem Vergleich überhaupt eine zuverlässige Klassifizierung durchgeführt werden kann.

Es ist zweckmäßig, im Prüfbericht alle wesentlichen Einzelheiten der Untersuchung zu protokollieren, einschließlich denen in der folgenden Liste:

- Hinweise auf IEC-Prüfnormen;
- Beschreibung der untersuchten Isoliersysteme (Referenz- und Erprobungs-Systeme);
- Alterungstemperaturen und Dauer der Alterungs-Unterzyklen für jedes Isoliersystem;
- diagnostische Prüfungen mit zugehörigen Prüf- oder Beanspruchungswerten für jedes Isoliersystem;
- konstruktiver Aufbau der Prüflinge und der Prüfobjekte;
- Anzahl der Prüflinge für jede Temperatur für jedes Isoliersystem;
- Verfahren zur Erzielung der Alterungstemperaturen und der Temperaturmessung (einschließlich Ofentyp usw.);
- Luftaustauschrate im Ofen;
- individuelle Ausfallzeiten und Ausfallarten;
- mittlere Zeiten bis zum Ausfall im logarithmischen Maßstab und logarithmische Standardabweichungen oder die unteren Vertrauensgrenzen für jede Alterungstemperatur und für jedes Isoliersystem;
- thermische Lebensdauer-Kennlinie mit logarithmischen Mittelwerten und Regressionskurve;
- Wärmeklasse des Referenz-Systems;
- Wärmeklasse des Erprobungs-Systems, wie bei der Prüfung bestimmt.

6 Elektrische Funktionsprüfungen

6.1 Allgemeine Feststellungen zu elektrischen Funktionsprüfungen

Die Isoliersysteme werden einer elektrischen Alterung unterworfen, indem eine Spannung an die Teilsysteme, die den unterschiedlichen Betriebsspannungen ausgesetzt sind, angelegt wird und wo der elektrische Alterungsfaktor als dominierend gegenüber den anderen Alterungsfaktoren angesehen werden kann. Die dafür gültigen Qualifizierungsverfahren sind in IEC 60034-18-32, **IEC 60034-18-41** und IEC-60034-18-42 genau beschrieben.

Der Alterungsprozess kann dadurch beschleunigt werden, dass die elektrische Feldstärke und/oder die Frequenz erhöht werden. Das Ende der Lebensdauer wird entweder als Durchschlag während der elektrischen Alterung oder als Versagen bei einer diagnostischen Prüfung erkennbar.

Sofern es notwendig ist, die konstruktive Ausführung einzelner Komponenten des Isoliersystems an die Erfordernisse der elektrischen Funktionsprüfung anzupassen (z. B. den Endenglimmschutz), dann werden für diese Komponenten spezielle Lebensdauer- oder Eignungsprüfungen empfohlen.

Durch die Prüfung bei verschiedenen Spannungen kann eine Beziehung zwischen Prüflebensdauer und elektrischer Beanspruchung aufgezeichnet werden. Dabei ist zu beachten, dass die erhöhte Frequenz oft dazu angewendet wird, um die elektrische Alterung zu beschleunigen, wobei angenommen wird, dass die Beschleunigung des Prüfablaufes zur Frequenz proportional ist. Diese Annahme gilt jedoch nicht immer. Dieses Problem wird in IEC 60034-18-42 behandelt.

Die Prüflebensdauer weist üblicherweise bei jeder einzelnen Prüfspannung eine ausgedehnte Schwankungsbreite auf. Daher ist es erforderlich, dass für jede elektrische Alterungsbeanspruchung eine statistisch hinreichende Anzahl von Ausfallzeiten ermittelt wird.

In besonderen Fällen können spezielle Lebensdauer- oder Eignungsprüfungen, z. B. zerstörungsfreie Teilentladungsmessungen, zur elektrischen Qualifizierung angewendet werden (siehe **IEC 60034-18-41**).

Die Prüflinge sollten Raumtemperatur oder Klassentemperatur haben. Es sollte sorgfältig darauf geachtet werden, dass die elektrischen Verluste bei hoher Beanspruchung oder erhöhter Frequenz nicht die Ergebnisse durch Temperaturerhöhung in der Isolierung beeinflussen.

6.2 Auswertung und Prüfbericht

Aus den Ergebnissen der Alterung werden thermische Lebensdauer-Kennlinien nach den Richtlinien in IEC 62539 für das Erprobungs-System und das Referenz-System aufgetragen. Die gewählte Verteilungsfunktion für die Prüfergebnisse aus der Alterung ist auf ihre Passfähigkeit hin zu prüfen. Nach vorliegender Erfahrung wird das meistens die Weibull-Funktion sein.

Es ist zweckmäßig, im Prüfbericht alle wesentlichen Einzelheiten der Untersuchung zu protokollieren einschließlich denen in der folgenden Liste:

- vorgesehene maximale Bemessungsspannung des Systems;
- Prüftemperatur;
- Beschreibung der untersuchten Isoliersysteme (Referenz- und Erprobungssystem);
- Alterungsspannungen, Frequenzen und, wenn zweckmäßig, die Dauer der Alterungs-Unterzyklen;
- diagnostische Prüfungen einschließlich der Werte für die angewendeten Diagnosefaktoren;
- konstruktiver Aufbau des Prüfobjektes;
- Anzahl der Prüflinge für jede Spannung (Prüfung mit festem Spannungswert);
- einzelne Ausfallzeiten und Fehlerarten;
- statistische Auswertungsmethode für die Prüfergebnisse (vorzugsweise die Weibull-Verteilung) zur Bestimmung eines Mittelwertes der Ausfallzeiten (63 %-Wert bei der Weibull-Verteilung) und für die Vertrauensbereiche, siehe IEC 62539;
- elektrische Lebensdauer-Kennlinie mit Mittelwerten oder Medianwerten für jede elektrische Beanspruchung und die Regressionskurve.

7 Mechanische Funktionsprüfungen

Es ist bekannt, dass in einigen Anwendungen die mechanische Beanspruchung als Alterungsfaktor wirkt, und zwar entweder allein oder zusammen mit anderen Alterungsfaktoren. Die mechanische Alterung kann eine Folge von Schwingungsbeanspruchungen, Beanspruchungen durch Stromkräfte oder thermomechanische Beanspruchungen infolge einer sehr großen Zahl von beachtlichen Lastwechseln im normalen Betrieb sein, siehe IEC 60034-18-34.

Gegenwärtig gibt es noch keine hinreichenden technischen Kenntnisse, die es erlauben, Prüfverfahren für die mechanische Alterung mit dominierendem mechanischem Alterungsfaktor zu normen.

ANMERKUNG Ein empirisches Lebensdauermodell und Prüfverfahren werden in [IEC 60505](#) diskutiert.

8 Funktionsprüfungen zu Umgebungseinflüssen

Es ist bekannt, dass in einigen Anwendungen Umgebungseinflüsse als Alterungsfaktor wirken.

Als umgebungsbedingte Alterungsfaktoren können chemisch/physikalisch aktive oder elektrisch leitfähige Substanzen in der Industriemotorenatmosphäre wirken, ebenso außergewöhnlich hohe Feuchte in der Umgebungsluft, pilz- oder mikrobebelastete Umgebungen oder mechanisch abrasive Stoffe (z. B. Sand) in der Kühlluft.

Solche chemisch/physikalisch umgebungsbedingte Alterungsfaktoren können beispielsweise auch die Wirkung der Kältemittel in Hermeticmotoren oder die Wirkung von ionisierender Strahlung in Kernkraftwerken sein. Für die Isoliersysteme dieser speziellen Anwendungen gelten umfangreiche Eignungsprüfverfahren, die über die in der Reihe IEC 60034-18 hinausgehen.

Gegenwärtig gibt es noch keine hinreichenden technischen Kenntnisse, die es erlauben, Prüfverfahren für die umgebungsbedingte Alterung mit dominierendem umgebungsbedingten Alterungsfaktor zu normen.

9 Funktionsprüfungen mit mehreren Einflussgrößen

Es ist bekannt, dass das Verhalten von Isoliersystemen durch mehr als eine Einflussgröße (z. B. thermisch und elektrisch) beeinträchtigt werden kann, vor allem, wenn die Größen gleichzeitig einwirken, siehe IEC 60034-18-33.

Solche Multi-Faktor-Alterung kann in mechanisch oder thermomechanisch hoch beanspruchten Nieder- und Hochspannungs-Maschinen auftreten.

Für Funktionsprüfungen mit mehreren Einflussgrößen sind die im Folgenden genannten Prinzipien, die aus IEC 60505 abgeleitet wurden, zu beachten:

- a) Im Betrieb gleichzeitig wirkende Einflussgrößen sollten vorzugsweise durch gleichzeitige Alterungsprüfungen und nacheinander wirkende Einflussgrößen sollten vorzugsweise durch aufeinanderfolgende Alterungszyklen nachgebildet werden, um zu sichern, dass direkte oder indirekte gegenseitige Beeinflussungen zwischen den verschiedenen Alterungsfaktoren während der Prüfung so wirken wie im Betrieb.
- b) Wenn von einem Alterungsfaktor bekannt ist, dass er bedeutsamer als die anderen ist, dürfen die Prüfungen mit mehreren Einflussgrößen in der Form durchgeführt werden, dass die Wirkungen nur dieses Faktors beschleunigt und alle anderen Faktoren auf dem Niveau der Betriebswerte gehalten werden.
- c) In anderen Fällen sollten alle wesentlichen Alterungsfaktoren beschleunigt werden. Es wird empfohlen, dass die Beschleunigung (relative Alterungsrate) für jeden Alterungsfaktor gleich ist und dass – bis Erfahrungen vorliegen – die Größe der Alterungsfaktoren auf der Grundlage von Alterungsprüfungen mit Einzelbeanspruchungen festgelegt wird.
- d) Es wird empfohlen, dass Referenzbetriebsbedingungen festgelegt werden. Das ist eine Zusammenstellung von Betriebsbedingungen, für die die Maschine und das Isoliersystem bemessen sind.

Die Werte der Einflussgrößen in der Zusammenstellung der Referenzbetriebsbedingungen dienen als Grundlage zur Abschätzung der Beschleunigung bei den Alterungs-Unterzyklen und zur Festlegung der Werte bei den diagnostischen Prüfungen.

- e) Der Vergleich zwischen dem Erprobungs- und dem Referenz-System sollte bei Untersuchungen mit mehreren Einflussgrößen nur innerhalb des Bereiches der Prüfwerte durchgeführt werden.

Literaturhinweise

IEC 60050-411:1996, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 411: Rotating machinery Amendment 1 (2007)*

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG Wenn internationale Publikationen durch gemeinsame Abänderungen geändert wurden, durch (mod) angegeben, gelten die entsprechenden EN/HD.

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC 60034-1	–	Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance	EN 60034-1	–
IEC 60034-18-21	–	Rotating electrical machines – Part 18: Functional evaluation of insulation systems – Section 21: Test procedures for wire-wound windings – Thermal evaluation and classification	EN 60034-18-21	–
IEC 60034-18-22	–	Rotating electrical machines – Part 18-22: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for wire-wound windings – Classification of changes and insulation component substitutions	EN 60034-18-22	–
IEC 60034-18-31	–	Rotating electrical machines – Part 18: Functional evaluation of insulation systems – Section 31: Test procedures for form-wound windings – Thermal evaluation and classification of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV	EN 60034-18-31	–
IEC/TR 60034-18-32	–	Rotating electrical machines – Part 18-32: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Electrical evaluation of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV	CLC/TR 60034-18-32	–
IEC/TR 60034-18-33	–	Rotating electrical machines – Part 18-33: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Multifactor functional evaluation – Endurance under combined thermal and electrical stresses of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV	CLC/TR 60034-18-33	–
IEC/TS 60034-18-34	–	Rotating electrical machines – Part 18-34: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Evaluation of thermomechanical endurance of insulation systems	CLC/TS 60034-18-34	–

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC/TS 60034-18-41	–	Rotating electrical machines – Part 18-41: Qualification and type tests for Type I electrical insulation systems used in rotating electrical machines fed from voltage converters	–	–
IEC/TS 60034-18-42	–	Rotating electrical machines – Part 18-42: Qualification and acceptance tests for partial discharge resistant electrical insulation systems (Type II) used in rotating electrical machines fed from voltage converters	–	–
IEC 60085	–	Electrical insulation – Thermal evaluation and designation	EN 60085	–
IEC 60216	Reihe	Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance	EN 60216	Reihe
IEC 60493-1	–	Guide for the statistical analysis of ageing test data – Part 1: Methods based on mean values of normally distributed test results	–	–
IEC 60505	2004	Evaluation and qualification of electrical insulation systems	EN 60505	2004
IEC 62539	–	Guide for the statistical analysis of electrical insulation breakdown data	–	–