

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>DIN IEC 60034-18-33<br/>(VDE 0530-18-33)</b>                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>DIN</b>                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> 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. | <b>VDE</b>                                                                                                                                                                        |
| ICS 29.080.30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: fit-content; margin: 0 auto;"><b>Entwurf</b></div>                                                                                                                                                                              | Einsprüche bis 2008-10-31<br>Ersatz für<br>E DIN IEC 60034-18-33<br>(VDE 0530-18-33):2007-11<br>Vorgesehen als Ersatz für<br>DIN V VDE V 0530-18-33<br>(VDE V 0530-18-33):2000-04 |
| <p><b>Drehende elektrische Maschinen –<br/>Teil 18-33: Funktionale Bewertung von Isoliersystemen –<br/>Prüfverfahren für die multifunktionelle Bewertung von Wicklungen mit<br/>vorgeformten Elementen bei gleichzeitiger thermischer und elektrischer<br/>Beanspruchung der Isoliersysteme von drehenden Maschinen<br/>(IEC 2/1513/CD:2008)</b></p> <p>Rotating electrical machines –<br/>Part 18-33: Functional evaluation of insulation systems –<br/>Test procedures for multifactor functional evaluation of form-wound windings by endurance<br/>under simultaneous thermal and electrical stresses of insulation systems used in rotating<br/>machines<br/>(IEC 2/1513/CD:2008)</p> <p>Machines électriques tournantes –<br/>Partie 18-33: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation –<br/>Procédures d'essai pour l'évaluation multifonctionnelle des enroulements préformés en cas<br/>d'endurance sous contrainte thermique et électrique combinée des systèmes d'isolation utilisés<br/>dans les machines<br/>(CEI 2/1513/CD:2008)</p> <p><b>Anwendungswarnvermerk</b></p> <p>Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-08-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und<br/>Stellungnahme vorgelegt.</p> <p>Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses<br/>Entwurfes besonders zu vereinbaren.</p> <p>Stellungnahmen werden erbeten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– vorzugsweise als Datei per E-Mail an <b>dke@vde.com</b> in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser<br/>Tabelle kann im Internet unter <b>www.dke.de/stellungnahme</b> abgerufen werden</li> <li>– oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik<br/>im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.</li> </ul> <p>Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante<br/>Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.</p> <p style="text-align: right;">Gesamtumfang 24 Seiten</p> <p style="text-align: center;">DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                   |

## Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

## Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 2/1513/CD:2008 „Rotating electrical machines – Part 18-33: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for multifactor functional evaluation of form-wound windings by endurance under simultaneous thermal and electrical stresses of insulation systems used in rotating machines“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 2 „Rotating machinery“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Der Teil 33 der 1. Ausgabe der Normenreihe IEC 60034-18 wurde vom MT10 des IEC/TC2 „Drehende elektrische Maschinen“ vollständig überarbeitet.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 311 „Drehende elektrische Maschinen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

## Änderungen

Gegenüber DIN V VDE V 0530-18-33 (VDE V 0530-18-33):2000-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Berücksichtigung neuer Materialien, Technologien, Prüfverfahren, Anwendung;
- b) Berücksichtigung neuer normativer Regeln und Harmonisierungsanforderungen;
- c) technische Korrekturen und Verbesserungen;
- d) Berücksichtigung von Prüferfahrungen mit den Normen dieser Reihe;
- e) Inhaltliche Straffung und Koordinierung zwischen den einzelnen Normen der Reihe IEC 60034-18;
- f) Berücksichtigung neuer Anwendungen im Geltungsbereich.

**Anmerkung des Central Office:** Die Herausgabe eines dritten Komitee-Entwurfes weicht von der in der letzten Zusammenstellung von Kommentaren (Schriftstück 2/1494A/CC) getroffenen Entscheidung ab, einen DTS herauszugeben. Dazu ist vom TC2/Sekretär nach Konsultation mit dem Projektleiter folgende Erklärung abgegeben worden:

„Die Überarbeitung dieses Teils von IEC 60034-18 ist so weit vorangeschritten, dass er den anderen Teilen der Normenreihe voraus ist. MT 10 wünscht die Bestätigung dieses Teils jedoch nicht, bevor die Überarbeitung der IEC 60034-18-1 abgeschlossen ist und gibt deshalb den Nationalen Komitees nochmals die Möglichkeit, Kommentare zu den letzten technischen Änderungen abzugeben, bevor er als DTS verteilt wird.“

## 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 60034-15:1996         | IEC 60034-15:1995                   | DIN EN 60034-15<br>(VDE 0530-15):1996-08           | VDE 0530-15                            |
| EN 60034-18-1:1994       | IEC 60034-18-1:1992 +<br>Corr.:1992 | DIN EN 60034-18-1<br>(VDE 0530-18-1):1995-08       | VDE 0530-18-1                          |
| EN 60034-18-1<br>A1:1996 | IEC 60034-18-1/A1:1996              | DIN EN 60034-18-1/A1<br>(VDE 0530-18-1/A1):1998-06 | VDE 0530-18-1/A1                       |
| –                        | IEC 60034-18-42 TS                  | –                                                  | –                                      |
| EN 60505:2004            | IEC 60505:2004                      | DIN EN 60505<br>(VDE 0302-1):2005-08               | VDE 0302-1                             |
| EN 60085:2004            | IEC 60085:2004                      | DIN EN 60085<br>(VDE 0301-1):2005-05               | VDE 0301-1                             |
| –                        | IEC 60792-1:1985                    | DIN VDE 0302-6<br>(VDE 0302-6):1988-06             | VDE 0302-6                             |
| –                        | IEC 62539                           | –                                                  | –                                      |

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN 60034-15 (VDE 0530-15), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 15: Bemessungsstoßspannungen drehender Wechselstrommaschinen mit Formspulen im Ständer*

DIN EN 60034-18-1 (VDE 0530-18-1), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen – Hauptabschnitt1: Allgemeine Richtlinien*

DIN EN 60034-18-1/A1 (VDE 0530-18-1/A1), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen – Hauptabschnitt1: Allgemeine Richtlinien*

DIN EN 60085 (VDE 0301-1), *Elektrische Isolierung – Thermische Klassifizierung*

DIN EN 60505 (VDE 0302-1), *Bewertung und Kennzeichnung von elektrischen Isoliersystemen*

DIN VDE 0302-6 (VDE 0302-6), *Isoliersysteme elektrischer Betriebsmittel – Funktionsprüfung mit mehreren Einflußgrößen – Prüfverfahren*

**Drehende elektrische Maschinen –  
Teil 18-33: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen – Prüfverfahren für die  
multifunktionelle Bewertung von Wicklungen mit vorgeformten Elementen bei  
gleichzeitiger thermischer und elektrischer Beanspruchung der Isoliersysteme  
von drehenden Maschinen**

**Inhalt**

|                                                                                             | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Einleitung.....                                                                             | 5     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                   | 5     |
| 2 Normative Verweisungen.....                                                               | 5     |
| 3 Allgemeine Feststellungen zu den Prüfverfahren .....                                      | 5     |
| 3.1 Beziehung zu Teil 1 .....                                                               | 5     |
| 3.2 Prüfverfahren .....                                                                     | 5     |
| 3.3 Referenz-Isoliersystem .....                                                            | 6     |
| 3.4 Merkmale der Prüfverfahren .....                                                        | 6     |
| 3.5 Einrichtungen zur Erwärmung und Festlegung der Höhe der thermischen Beanspruchung ..... | 6     |
| 3.6 Einrichtungen zur elektrischen Alterung .....                                           | 7     |
| 3.7 Festlegung der Dauer der Alterungs-Unterzyklen .....                                    | 7     |
| 3.8 Referenz-Betriebsbedingungen .....                                                      | 7     |
| 4 Prüfbjekte .....                                                                          | 8     |
| 4.1 Aufbau der Prüfbjekte .....                                                             | 8     |
| 4.2 Anzahl der Prüflinge.....                                                               | 8     |
| 4.3 Diagnose-Vorprüfungen.....                                                              | 8     |
| 5 Alterungs-Unterzyklus.....                                                                | 8     |
| 5.1 Höhe der Alterungs-Beanspruchung .....                                                  | 8     |
| 5.2 Beschleunigungsfaktoren .....                                                           | 8     |
| 5.3 Dauer und Anzahl der Alterungs-Unterzyklen .....                                        | 9     |
| 5.4 Vollständiges Multifaktor-Prüfverfahren.....                                            | 9     |
| 5.5 Einpunkt-Prüfverfahren.....                                                             | 9     |
| 6 Konditionierung und Diagnose-Unterzyklus .....                                            | 10    |
| 6.1 Allgemeines .....                                                                       | 10    |
| 6.2 Mechanische Prüfungen .....                                                             | 10    |
| 6.3 Feuchteeinwirkung.....                                                                  | 10    |
| 6.4 Spannungsprüfungen.....                                                                 | 10    |
| 6.5 Andere Diagnose-Prüfungen .....                                                         | 11    |
| 7 Endpunktkriterien .....                                                                   | 11    |
| 8 Auswertung der Daten, Prüfbericht und Bewertung .....                                     | 11    |
| 8.1 Auswertung der Daten .....                                                              | 11    |
| 8.2 Dokumentation .....                                                                     | 11    |
| 8.3 Bewertung.....                                                                          | 11    |

## Einleitung

Teil 18-1 der IEC 60034 enthält allgemeine Leitlinien für die Bewertung und Klassifizierung von Isoliersystemen für drehende Maschinen.

Teil 18-33 behandelt ausschließlich Isoliersysteme für Wicklungen mit vorgeformten Elementen und beschränkt sich auf die multifunktionelle Bewertung bei gleichzeitiger thermischer und elektrischer Alterung; er dient als Technische Spezifikation, aus der eine Prüfnorm abgeleitet werden kann.

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60034-18 ist eine Technische Spezifikation, die Prüfverfahren zur Bewertung der Lebensdauer von Isoliersystemen, bei denen thermische und elektrische Beanspruchungen gleichzeitig einwirken, enthält. Die Verfahren sind für bereits eingesetzte oder zum Einsatz vorbereitete Isoliersysteme von elektrischen Wechselstrommaschinen mit vorgeformten Wicklungselementen vorgesehen. Die Prüfverfahren arbeiten auf Vergleichsbasis in der Weise, dass das Verhalten eines Erprobungs-Isoliersystems mit dem eines Referenz-Isoliersystems mit nachgewiesener Betriebserfahrung verglichen wird. Das Ergebnis der Bewertung des Erprobungs-Isoliersystems soll zeigen, ob es besser oder schlechter als das Referenz-System ist, berechtigt aber nicht dazu, eine Betriebslebensdauer zu berechnen. Die Bewertung nach vorliegender Technischer Spezifikation beinhaltet nicht den Endenglimmschutz.

Die Prüfverfahren in dieser Technischen Spezifikation sind nicht dafür vorgesehen, eine gegenseitige Beeinflussung zwischen thermischer und elektrischer Beanspruchung während des Alterungsprozesses festzustellen. Falls zusätzliche Informationen zu einer derartigen gegenseitigen Beeinflussung erforderlich sind, ist es notwendig, dass weitere Prüfungen durchgeführt werden, bei denen die Alterung bei konstanter Temperatur und unterschiedlichen Spannungen (60034-18-32) oder die thermische Alterung bei unterschiedlichen Temperaturen und konstanter Spannung stattfindet.

## 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 60034-15, *Rotating electrical machines – Part 15: Impulse voltage withstand levels of form-wound stator coils for rotating a.c. machines*

IEC 60034-18-1, *Rotating electrical machines – Part 18-1: Functional evaluation of insulation systems – General guidelines*

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

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

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

IEC 60792-1, *The multi-factor functional testing of electrical insulation systems – Part 1: Test procedures*

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

## 3 Allgemeine Feststellungen zu den Prüfverfahren

### 3.1 Beziehung zu Teil 1

Falls die Empfehlungen oder Vorschläge dieses Hauptabschnittes nichts anderes ergeben, sind die Prinzipien der IEC 60034-18-1 und IEC 60505 zu befolgen.

### 3.2 Prüfverfahren

Es kann entweder eine vollständige Multifaktor-Prüfung oder als Einpunkt-Prüfung bei gleichzeitiger Einwirkung von Temperatur und Spannung durchgeführt werden. Die Einpunkt-Prüfung gestattet den Vergleich bei nur einer Kombination von thermischer und elektrischer Beanspruchung. Der Informationsgehalt über das Leistungsvermögen des Erprobungs-Systems ist damit gering, manchmal jedoch, z. B. wenn das Isoliersystem nur geringfügige Änderungen aufweist (siehe 5.5), ausreichend.

### 3.3 Referenz-Isoliersystem

Ein Referenz-Isoliersystem muss nach demselben Prüfverfahren und in demselben Laboratorium wie das Erprobungs-Isoliersystem geprüft werden, wobei die gleichen Prüfeinrichtungen zu verwenden sind. Das Leistungsvermögen des Referenz-Isoliersystems muss durch Betriebserfahrung unter normalen Betriebsbedingungen nachgewiesen sein.

### 3.4 Merkmale der Prüfverfahren

#### 3.4.1 Allgemeine Merkmale

Im Allgemeinen werden die Prüfungen in Zyklen ausgeführt, wobei jeder Zyklus aus einem Alterungs-Unterzyklus, einem Konditionierungs- und einem Diagnose-Unterzyklus besteht.

#### 3.4.2 Alterungs-Unterzyklus

Der Alterungs-Unterzyklus beinhaltet die gleichzeitige thermische und die elektrische Alterung.

#### 3.4.3 Konditionierungs- und Diagnose-Unterzyklus

Der Konditionierungs-Unterzyklus beinhaltet die mechanische Beanspruchung und die Feuchteeinwirkung. Nachfolgend sind Spannungsprüfungen und, sofern geeignet, andere Diagnose-Prüfungen durchzuführen. Bei der Auswahl der Parameter für diesen Unterzyklus sollten die Referenz-Betriebsbedingungen als Richtwerte gelten (siehe 3.8). Der Prüfablauf in diesem Unterzyklus ist in der im Abschnitt 6 genannten Reihenfolge zu gestalten.

### 3.5 Einrichtungen zur Erwärmung und Festlegung der Höhe der thermischen Beanspruchung

#### 3.5.1 Art der Erwärmung

Die Prüflinge sollten mit einer für den normalen Betrieb typischen Steigerungsrate aufgeheizt werden. Es können verschiedene Erwärmungsarten benutzt werden, z. B.

- a) Einlagerung in einen Ofen;
- b) Stromerwärmung der Leiter;
- c) Anwendung von Heizplatten an der Hauptisolierung.

#### 3.5.2 Höhe der thermischen Beanspruchung

Wo es möglich ist, wird die Höhe der thermischen Beanspruchung als durchschnittliche Leitertemperatur im mittleren Teil des Nutzbereichs definiert. In Fällen, in denen es unmöglich zu sein scheint, eine genauere Abschätzung dieser Temperatur vorzunehmen, darf die Temperatur der äußeren Oberfläche der Hauptisolierung im mittleren Teil des Nutzbereichs zugrunde gelegt werden, sofern der Leiter nicht die Wärmequelle ist.

Das Verfahren, dass zur Ermittlung der Höhe der thermischen Beanspruchung eingesetzt wird, sollte für das Erprobungs- und das Referenz-Isoliersystem identisch sein. Wenn Ofenheizung angewendet wird, darf die Temperatur im Ofen als Wert der thermischen Beanspruchung angesehen werden, jedoch nur dann, wenn sie nach dem in 3.5.3 angegebenen Verfahren bestätigt worden ist.

Wo die thermische Beanspruchung durch Stromheizung verwirklicht wird, darf die durch Widerstandsmessungen ermittelte Leitertemperatur als Wert der thermischen Beanspruchung angenommen werden, wenn Vorkehrungen getroffen sind, die eine gleichmäßige Temperatur von  $\pm 5$  K im gesamten Prüfobjekt sicherstellen.

#### 3.5.2 Temperaturmessung

Es wird empfohlen, die Temperaturmessung in zwei Schritten auszuführen:

- a) erstens nach Erreichen des Beharrungswertes bei alleiniger Einwirkung der thermischen Beanspruchung;
- b) zweitens wiederum nach Erreichen des Beharrungswertes, aber mit zusätzlicher Einwirkung der elektrischen Beanspruchung.

Beide Temperaturwerte werden zur Information protokolliert, wobei die höhere Temperatur die Höhe der thermischen Beanspruchung angibt.

Die Temperaturmessung beim zweiten Schritt kann am sichersten durchgeführt werden, indem unmittelbar nach Abschalten der Spannung die Abkühlungskurve zur Temperatur-Extrapolation aufgenommen wird oder indem Faser-Optik-Sensoren eingesetzt werden.

Höhere örtliche Temperaturen können z. B. im Bereich des Endenglimmschutzes auftreten. Diese Temperaturen können ermittelt werden, indem z. B. ein Infrarot-Detektor benutzt wird. Falls an diesen Stellen systematische Fehler auftreten, können die Alterungs-Beanspruchungen für die verwendete Ausführung des Endenglimmschutzes möglicherweise zu groß sein. Dieses Problem kann durch einen verbesserten Endenglimmschutz gelöst werden.

### 3.6 Einrichtungen zur elektrischen Alterung

Es wird empfohlen, für die elektrische Alterung netzfrequente Spannung zu benutzen. Die Wechselspannung für die Alterungsuntersuchungen wird zwischen den Leitern und dem Ständerblechpaket oder dem äußeren Leitbelag auf der Isolierungsoberfläche des Prüflings angelegt. Der Effektivwert der Prüfspannung sollte nach Tabelle 1 gewählt werden. Es kann erforderlich sein, ein spezielles Endenglimmschutz-System für die Prüfpulen zu verwenden, so dass die Ausfälle in der Hauptisolierung auftreten. Es können Maßnahmen ergriffen werden, die sicherstellen, dass annähernd gleiche elektrische Beanspruchung während der gesamten Prüfung herrscht.

Um die Prüfdauer zu verkürzen, kann bis um den Faktor 10 erhöhte Netzfrequenz benutzt werden. Es sollte jedoch sorgfältig darauf geachtet werden, dass die dielektrischen Verluste nicht die Temperatur der Isolierung so weit erhöht, dass die Prüfergebnisse beeinflusst werden. Für das Erprobungs- und das Referenz-System muss jeweils die gleiche Frequenz benutzt werden.

### 3.7 Festlegung der Dauer der Alterungs-Unterzyklen

Es wird die Annahme getroffen, dass der Alterungs-Unterzyklus zu dem Zeitpunkt beginnt, zu dem die Alterungsfaktoren wirksam werden, und dass er endet, wenn die Alterungsfaktoren nicht mehr wirksam sind.

### 3.8 Referenz-Betriebsbedingungen

#### 3.8.1 Allgemeines

Referenz-Betriebsbedingungen sind die jeweils härtesten Alterungs-, Konditionierungs- oder Diagnosefaktoren, für die das Isoliersystem bemessen ist. Die Referenz-Betriebsbedingungen sind zu definieren.

#### 3.8.2 Referenz-Alterungsfaktoren

Es wird angenommen, dass die thermische und die elektrische Alterung die wesentlichen Alterungsfaktoren sind. Ihre Größe hängt von der Wärmeklasse und der höchsten vorgesehenen Bemessungsspannung des Isoliersystems ab. Werte werden in 5.2 genannt.

#### 3.8.3 Referenz-Konditionierungsfaktoren

Die Referenz-Konditionierungsfaktoren können einschließen:

- a) maximale mechanische Beanspruchung, die auf den vom Prüfling nachgebildeten Wicklungsteil einwirken darf, z. B. Beanspruchungen durch transiente Ströme beim Anlauf;
- b) maximale erwartete Feuchtebeanspruchung im Betrieb.

#### 3.8.4 Referenz-Diagnosefaktoren

Die Referenz-Diagnosefaktoren basieren auf der maximalen Bemessungsspannung des Isoliersystems ( $U_N$ ) und können einschließen:

- a) eine Beständigkeitsprüfung der Hauptisolierung;
- b) eine Beständigkeitsprüfung der Windungsisolierung;
- c) zerstörungsfreie Prüfungen, z. B. Teilentladungsprüfungen und Verlustfaktorprüfungen.

## 4 Prüfbjekte

### 4.1 Aufbau der Prüfbjekte

#### 4.1.1 Allgemeine Gesichtspunkte

Die Prüfbjekte sollten so aufgebaut werden, dass sie eine hinreichend genaue Nachbildung der zu bewertenden fertigen Wicklungskomponente darstellen und sollten soweit wie möglich mit allen üblichen oder vorgesehenen Fertigungsverfahren hergestellt werden. Falls angenommen werden muss, dass die mechanische Befestigung der Isolierung im Betrieb, d. h. die Art der Befestigung der Spulen oder Stäbe in den Nuten oder die Ausführung der Wickelkopfabstützung, die Alterungsprozesse beeinflussen, sollte dies bei den Prüfbjekten nachgebildet werden.

Wenn einzelne Spulen oder Stäbe als Modelle verwendet werden, müssen Kriechwege und Endenglimmschutz-Anordnungen, sofern sie erforderlich sind, für die Beanspruchungen während der Prüfungen bemessen sein. Eine Elektrode sollte über der vollen Nutlänge des Modells angeordnet sein und den gesamten Umfang des Spulenquerschnittes einhüllen.

#### 4.1.2 Einbezug von Windungen und Teileiter in die Prüfbjekte

Wenn die Windungsisolierung diagnostisch geprüft wird, ist es im Allgemeinen erforderlich, vollständige Spulen zu verwenden, damit mögliche Einflüsse bei der Formgebung der Spulen und bei der Verfestigung des Leiterverbundes berücksichtigt werden.

Wenn eine diagnostische Prüfung mit Impulsspannung angewendet wird, sollte die Windungszahl der Spule den kleinsten Wert haben, der für das Isoliersystem angemessen ist, damit die größtmögliche Beanspruchung der Windungsisolierung erreicht wird.

Wo es erforderlich ist, die Windungen mit netzfrequenter Spannung zu prüfen, sollte die Spule vorzugsweise mit zwei parallelen Leitern (bifilar) gewickelt oder im Wickelkopf aufgeschnitten werden. Wenn vakuumdruckimprägnierte (VPI) Spulen verwendet werden, muss das Durchschneiden und Spreizen der Teileiter in diesem Bereich vor der Imprägnierung erfolgen.

### 4.2 Anzahl der Prüflinge

Um eine statistische Absicherung zu erreichen, ist eine angemessene Anzahl von Prüflingen bei jeder der angewendeten Kombinationen von Alterungs-Temperaturen und Spannungen zu altern. Diese Anzahl darf nicht kleiner als fünf sein. Die in IEC 62539 angegebenen Einzelheiten sollten beachtet werden.

**ANMERKUNG** Wenn Stäbe oder Halbspulen verwendet werden, ist die minimale Anzahl fünf Stäbe oder Halbspulen. Wenn vollständige Spulen verwendet werden, ist die minimale Anzahl fünf vollständige Spulen.

### 4.3 Diagnose-Vorprüfungen

Jedes vollständig fertig gestellte Prüfbjekt ist vor dem Beginn des ersten Alterungs-Unterzyklus allen für das Prüfverfahren ausgewählten Konditionierungs- und Diagnose-Prüfungen zu unterwerfen.

## 5 Alterungs-Unterzyklus

### 5.1 Höhe der Alterungs-Beanspruchung

Bei der Auswahl der elektrischen und thermischen Beanspruchungswerte für die Alterungs-Unterzyklen ist es wichtig, dass sich der Alterungsmechanismus während dieser Unterzyklen nicht wesentlich von dem im üblichen Betrieb unterscheidet.

### 5.2 Beschleunigungsfaktoren

Die Beschleunigungsfaktoren sollten auf die Werte der Referenz-Alterungsfaktoren bezogen werden:

- a)  $U_N$  – maximale Bemessungsspannung des Isoliersystems
- b)  $T_C$  – Wärmeklasse nach IEC 60085

Die Prüfbeanspruchungen sollten nach Tabelle 1 gewählt werden: