

	DIN EN 60505 (VDE 0302-1)	DIN
	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.	VDE
ICS 29.080.30 Ersatz für DIN EN 60505 (VDE 0302-1):2000-07 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit Bewertung und Kennzeichnung von elektrischen Isoliersystemen (IEC 60505:2004); Deutsche Fassung EN 60505:2004 Evaluation and qualification of electrical insulation systems (IEC 60505:2004); German version EN 60505:2004 Evaluation et qualification des systèmes d'isolation électrique (CEI 60505:2004); Version allemande EN 60505:2004 Gesamtumfang 58 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2004-10-01 angenommene EN 60505 gilt als DIN-Norm ab 2005-08-01.

Daneben darf **DIN EN 60505 (VDE 0302-1):2000-07** noch bis 2007-10-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60505 (VDE 0302-1):2002-09.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 183 „Elektrische Isoliersysteme (EIS)“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 98 „Electrical insulation systems (EIS)“ erarbeitet.

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

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

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60505 (VDE 0302-1):2000-07** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Verfahren zur Leistungsbeurteilung, Multifaktor-Funktionsprüfungen, mechanischen Funktionsprüfungen und Umgebungsprüfungen wurden eingearbeitet.
- b) einfache statistische Methoden und Grundlagen wurden eingearbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN VDE 0302-1:1986-09

DIN EN 60505 (VDE 0302-1):2000-07

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 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 nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60068-2-1:1993 + A1:1993 + A2:1994	IEC 60068-2-1:1990 + A1:1993 + A2:1994	DIN EN 60068-2-1:1995-03	–
EN 60068-2-2:1993 + A1:1993	IEC 60068-2-2:1974 + IEC 68-2-2A:1976 + A1:1993	DIN EN 60068-2-2:1994-08	–
EN 60068-2-14:1999	IEC 60068-2-14:1984 + A1:1986	DIN EN 60068-2-14:2000-08	–
EN 60068-2-27:1993	IEC 60068-2-27:1987	DIN EN 60068-2-27:1995-03	–
HD 437 S1:1984	IEC 60212:1971	DIN IEC 60212 (VDE 0308-1):1995-09	VDE 0308-1
EN 60216-3:2002	IEC 60216-3:2002	DIN EN 60216-3 (VDE 0304-23):2002-10	VDE 0304-23
EN 60216-5:2003	IEC 60216-5:2003	DIN EN 60216-5 (VDE 0304-25):2003-10	VDE 0304-25
–	IEC 60493-1	–	–
EN 60544-1:1994	IEC 60544-1:1994	DIN EN 60544-1 (VDE 0306-1):1996-03	VDE 0306-1
Normen der Reihe: EN 60664	Normen der Reihe: IEC 60664	Normen der Reihe: DIN EN 60664 (VDE 0110)	VDE 0110
–	IEC 60727-1	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60068-2-1:1995-03, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfgruppe A: Kälte* (IEC 60068-2-1:1990 + A1:1993 + A2:1994); Deutsche Fassung EN 60068-2-1:1993 + A1:1993 + A2:1994.

DIN EN 60068-2-2:1994-08, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfgruppe B: Trockene Wärme* (IEC 60068-2-2:1974 + IEC 68-2-2A:1976 + A1:1993); Deutsche Fassung EN 60068-2-2:1993 + A1:1993.

DIN EN 60068-2-14:2000-08, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung N: Temperaturwechsel* (IEC 60068-2-14:1984 + A1:1986); Deutsche Fassung EN 60068-2:1999.

DIN EN 60068-2-27:1995-03, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen; Prüfung Ea und Leitfaden: Schocken* (IEC 60068-2-27:1987); Deutsche Fassung EN 60068-2-27:1993.

DIN IEC 60212 (VDE 0308-1):1995-09, *Standardbedingungen für die Anwendung vor und während der Prüfung von festen Elektroisolierstoffen* (IEC 60212:1971); Deutsche Fassung HD 437 S1:1984.

DIN EN 60216-3 (VDE 0304-23):2002-10, *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens – Teil 3: Anweisungen zur Berechnung thermischer Langzeitkennwerte* (IEC 60216-3:2002); Deutsche Fassung EN 60216-3:2002.

DIN EN 60216-5 (VDE 0304-25):2003-10, *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens – Teil 5: Bestimmung des relativen thermischen Lebensdauer-Indexes (RTE) von Elektroisolierstoffen* (IEC 60216-5:2003); Deutsche Fassung EN 60216-5:2003.

DIN EN 60544-1 (VDE 0306-1):1996-03, *Elektroisolierstoffe – Bestimmung der Wirkung ionisierender Strahlung – Teil 1: Einfluss der Strahlenwirkung und Dosimetrie* (IEC 60544-1:1994); Deutsche Fassung EN 60544-1:1994.

Normen der Reihe DIN EN 60664 (VDE 0110), *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen*.

Deutsche Fassung

Bewertung und Kennzeichnung von elektrischen Isoliersystemen
(IEC 60505:2004)

Evaluation and qualification of electrical
insulation systems
(IEC 60505:2004)

Evaluation et qualification des systèmes
d'isolation électrique
(CEI 60505:2004)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2004-10-01 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2004 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60505:2004 D

AVA Documents
Document Sharing Hub

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 98/217/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe von IEC 60505, ausgearbeitet von dem IEC TC 98 „Electrical insulation systems (EIS)“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2004-10-01 als EN 60505 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60505:2000.

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): 2005-08-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2007-10-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60505:2004 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60068-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-1:1994 (nicht modifiziert).
IEC 60068-2	ANMERKUNG	Harmonisiert in die Reihen HD 323.2 und EN 60068-2 (nicht modifiziert).
IEC 60068-2-10	ANMERKUNG	Harmonisiert als HD 323.2.10 S3:1988 (nicht modifiziert).
IEC 60112	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60112:2003 (nicht modifiziert).
IEC 60212	ANMERKUNG	Harmonisiert als HD 437 S1:1984 (nicht modifiziert).
IEC 60216	ANMERKUNG	Harmonisiert in die Reihen HD 611 und EN 60216 (nicht modifiziert).
IEC 60587	ANMERKUNG	Harmonisiert als HD 380 S2:1987 (nicht modifiziert).
IEC 60721	ANMERKUNG	Harmonisiert in die Reihen HD 478 und EN 60721 (nicht modifiziert).
IEC 62114	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62114:2001 (nicht modifiziert).
ISO 62	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 62:1999 (nicht modifiziert).
ISO 175	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 175:2000 (nicht modifiziert).
ISO 4611	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 4611:1999 (nicht modifiziert).

Inhalt

Vorwort.....	2
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
3.1 Allgemeine Begriffe	7
3.2 Begriffe mit Bezug auf Betriebsbeanspruchungen und Alterung	8
3.3 Begriffe mit Bezug auf Prüfung.....	9
4 Alterung	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 Die Ermittlung von Alterungsmechanismen	14
4.3 Beschleunigte Alterung.....	15
5 Grundbestandteile zum Entwurf eines Bewertungsverfahrens	21
5.1 Prüfling.....	22
5.2 Betriebsbedingungen.....	22
5.3 Lebensdauerwerte	22
6 Funktionsbewertungsverfahren zur Kennzeichnung von EIS	22
6.1 Allgemeine Überlegungen	22
6.2 Arten von Bewertungsverfahren	22
6.3 Praktische Erwägungen.....	25
7 Funktionale Alterungsprüfungen	27
7.1 Prüflinge.....	27
7.2 Prüfbedingungen	28
7.3 Bestimmung der EIS-Lebensdauer	29
8 Beschleunigte Alterung.....	29
8.1 Belastungsniveaus	29
8.2 Dauer und Anzahl der Unterzyklen	29
8.3 Alterungsunterzyklus	30
9 Konditionierung vor der Diagnose	30
10 Diagnosen.....	30
10.1 Diagnoseprüfungen – Schlusskriterien.....	30
10.2 Besondere zusätzliche Prüfungen.....	32
11 Auswertung der Daten.....	32
11.1 Allgemeines	32
11.2 Betriebserfahrungen	32
11.3 Elektrische Belastung	32
11.4 Thermische Alterung	32
11.5 Mechanische Belastung	32

11.6	Prüfergebnisse bei Umgebungseinflüssen	33
11.7	Prüfergebnisse bei Mehrfaktorenbelastung	33
12	Ermittlungsverfahren basierend auf der Normalverteilung – Mathematische Formeln	33
13	Prüfbericht.....	33
14	EIS-Kennzeichnung	34
Anhang A (informativ) Checklisten.....		35
A.1	Betriebserfahrung, Betriebsanforderungen/Betriebsbedingungen, Betriebsart und Leistungsdaten für die Bewertung von EIS (siehe Tabelle A.1)	35
A.2	Aufbau von EIS (siehe Tabelle A.2).....	35
Anhang B (informativ) Flussdiagramme.....		38
Anhang C (informativ) Auswahl der Diagnoseprüfungen und ihrer Belastungsgrenzen		46
C.1	Mechanische Prüfung	47
C.2	Feuchtigkeitsprüfungen	47
C.3	Thermische Prüfungen	48
C.4	Spannungsprüfungen.....	48
C.5	Andere Diagnoseprüfungen.....	48
Anhang D (informativ) Prüfung mit stufenweise steigender Spannung		49
D.1	Allgemeines	49
D.2	Grundlage	49
D.3	Untersuchungsverfahren und Auswertung	50
D.4	Diagrammdarstellung.....	51
D.5	Kombiniertes Prüfverfahren – konstant ansteigende Spannung	51
Literaturhinweise		52
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....		54
Bild 1 – Alterung eines EIS		11
Bild 2 – Beispiel möglicher Alterungsmechanismen als Funktion der Zeit		12
Bild 3 – Alterung als Funktion der Zeit nach Bild 2		13
Bild 4 – Beispiel möglicher Alterungsmechanismen als Funktion der Zeit		13
Bild 5 – Alterung als Funktion der Zeit nach Bild 4		14
Bild 6 – Methodische Bausteine von Bewertungsverfahren		21
Bild 7 – Der Typ des Bewertungsverfahrens		23
Bild 8 – Die Wahl des Prüflings.....		25
Bild 9 – Festlegung der Prüfmethode		26
Bild B.1 – Intrinsische/extrinsische elektrische Alterung von EIS in der Praxis.....		38
Bild B.2 – Intrinsische/extrinsische thermische Alterung von EIS in der Praxis		39
Bild B.3 – Intrinsische/extrinsische mechanische Alterung von EIS in der Praxis.....		40
Bild B.4 – Intrinsische/extrinsische Alterung von EIS in der Praxis durch äußere Einflüsse		41
Bild B.5 – Beispiel der Alterung von EIS in der Praxis, bei der die elektrische Alterung der Hauptfaktor ist.....		42
Bild B.6 – Beispiel der Alterung von EIS in der Praxis, bei der die thermische Alterung der		

Hauptfaktor ist	43
Bild B.7 – Beispiel der Alterung von EIS in der Praxis, bei der die mechanische Alterung der Hauptfaktor ist	44
Bild B.8 – Beispiel der Alterung von EIS in der Praxis, bei der die umweltbedingte Alterung der Hauptfaktor ist	45
Tabelle 1 – Alterungstemperaturen	17
Tabelle 2 – Zyklische und kontinuierliche Verfahren	31
Tabelle A.1 – Checkliste für Betriebserfahrung, Betriebsanforderungen / Betriebsbedingungen, Betriebsart und Leistungsdaten für die Bewertung von EIS (kann vom Anwender wie erforderlich abgeändert werden)	36
Tabelle A.2 – Checkliste zum Aufbau von EIS	37
Tabelle C.1 – Analyse möglicher zerstörender Belastungen (diese Belastungen verursachen kein merkliches Altern)	46

Einleitung

Die betriebliche Lebensdauer elektrischer Ausrüstungen ist häufig durch die Lebensdauer ihrer elektrischen Isoliersysteme (EIS) bestimmt. Die Lebensdauer eines elektrischen Isoliersystems kann durch elektrische, thermische, mechanische oder umweltbedingte Beanspruchungen beeinflusst werden, die einzeln oder kombiniert einwirken.

Beabsichtigte, geschätzte oder erwiesene Betriebslebensdauern sind wesentliche Parameter zur Beschreibung der Lebensdauer von elektrischen Isoliersystemen. In Anfängen der Elektrotechnik waren Lebensdauerzahlenwerte ziemlich unsicher. Die Begrenzung der Lebensdauer der Isolierung unter thermischer Beanspruchung war einer der ersten Hinweise für den Vorgang der Alterung in einigen Maschinen im Betrieb. Durch zunehmende Erfahrung in der Benutzung von EIS wurde erkannt, dass es eine Notwendigkeit gibt, bestimmte Materialien mit befriedigender Lebensdauer bei bestimmten Temperaturen auszuwählen, um die geforderte Betriebslebensdauer zu erreichen und die Berechnung der thermischen Belastungsfähigkeit der Ausrüstung zu erlauben.

IEC 60085 normte eine Anzahl von Maximaltemperaturwerten und stellte eine Liste von Isoliermaterialien (EIM) in Verbindung mit diesen Temperaturen (Klassen) auf, die bei Anwendung in Isoliersystemen eine „wirtschaftliche Lebensdauer der Isolierung in einem weiten Bereich von Geräten gewährleisten“ würden.

Dies war ein deutlicher Versuch, EIS auf der Grundlage von (Betriebs-) Erfahrungen oder Prüfungen und einer Quantifizierung einer EIS Lebensdauer in Zeitwerten vorzunehmen. Die Grenzen dieses ausschließlich auf thermische Beanspruchung zugeschnittenen Vorgehens wurden erkannt, und ein verbessertes Lebensdauerkonzept wurde gefordert. Diese Forderung und die Unmöglichkeit, die Materiallisten in IEC 60085 in einer Zeit zu benutzen, in der sich viele neue hergestellte synthetische Materialien nicht klar einordnen ließen, führte zu einer weltweiten Bemühung, die Lage zu verbessern. Dies führte zur Erarbeitung der gegenwärtigen Norm, die ein Leitfaden sein soll für alle, die Normen und technische Dokumente erstellen.

Der Anwender dieser Norm kann die bereits bestehenden Prüfverfahren bewerten und einen Zusammenhang mit ihren Geräten herstellen. Daher ist der Anwender dieser Norm für den Nachweis der Gültigkeit der bestehenden Prüfungsmethode in Übereinstimmung mit den Prinzipien dieser Norm verantwortlich.

Die beabsichtigte Lebensdauer zu bestimmen, ist eine grundlegende Aufgabe, wenn man ein EIS entwickelt und gestaltet. Die geschätzte Lebensdauer eines EIS muss aus mehreren Gründen ermittelt werden:

- für Typprüfungen bei Einführung eines neuen EIS in die Fertigung;
- für die Qualitätsüberwachung der Fertigung;
- zur Abschätzung der Restlebensdauer bei Instandhaltungsmaßnahmen.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm bildet die Grundlage zur Abschätzung der Alterung elektrischer Isoliersysteme (EIS) unter Bedingungen von entweder elektrischer, thermischer oder mechanischer Beanspruchung, Umweltbeanspruchungen oder Kombinationen daraus (Mehrfaktorenbeanspruchungen).

Sie legt die Grundsätze und Verfahren fest, die bei der Entwicklung von Funktionsprüfungen und Bewertungsverfahren für EIS zur Ermittlung der Betriebslebensdauer eines speziellen EIS beachtet werden sollten.

Diese Norm ist für alle Technischen IEC-Komitees geeignet, die für Geräte, die ein EIS enthalten, verantwortlich sind.

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 60068-2-1, *Environmental testing - Part 2: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing - Part 2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-14, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ea and Guidance: Shock*

IEC 60216-3, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*

IEC 60216-5, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 5: Determination of Relative Thermal Endurance Index (RTE) of an Insulating Material*

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 60544-1, *Electrical insulating materials – Determination of Guide for determining the effects of ionizing radiation on insulating materials – Part 1: Radiation interaction and dosimetry*

IEC 60664 (all parts), *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems*

IEC 60727-1, *Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems – General considerations and evaluation procedures*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

elektrisches Isoliersystem (EIS)

isolierende Anordnung, die ein oder mehrere Isoliermaterialien (EIM) zusammen mit zugehörigen leitenden Teilen enthält, eingesetzt in einem elektrischen Betriebsmittel

3.1.2

elektrisches Isoliermaterial (EIM)

Material mit geringfügiger elektrischer Leitfähigkeit, das zur Trennung leitfähiger Teile in verschiedene Potentiale verwendet wird

[IEV 212-01-01:1990, modifiziert]

3.1.3

Vergleichs-EIS

bewertetes und eingeführtes EIS, entweder mit einem bekannten Bericht über Betriebserfahrungen oder einer bekannten vergleichenden Funktionsbewertung als Grundlage

3.1.4

Prüflings-EIS

EIS, bei dem zur Bewertung seine Leistungsfähigkeit im Betrieb (elektrisch, thermisch, unter Umgebungsbedingungen oder bei Mehrfaktorenbeanspruchung) bestimmt wird

3.1.5

beabsichtigte Lebensdauer

dem EIS beim Entwurf zugedachte Lebensdauer unter Betriebsbedingungen

3.1.6

geschätzte Lebensdauer

erwartete Betriebslebensdauer abgeleitet aus Betriebserfahrungen oder/und aus Ergebnissen von Prüfungen, ausgeführt in Übereinstimmung mit geeigneten Bewertungsverfahren, wie es von der verantwortlichen Organisation oder dem zuständigen Technischen Komitee bestimmt wurde

3.1.7

Bewertung

Festsetzung der Beziehungen zwischen Betriebsanforderungen und Lebensdauerwerten, die aus Betriebserfahrungen oder aus Ergebnissen von Funktionsprüfungen abgeleitet wurden

3.2 Begriffe mit Bezug auf Betriebsbeanspruchungen und Alterung

3.2.1

Alterungsbeanspruchung

Einwirkung elektrischer, thermischer, mechanischer oder umweltbedingter Natur, die Eigenschaftsänderungen hervorrufen kann

3.2.2

mögliche Zerstörungsbeanspruchung

Einflussfaktoren bei Betrieb, die den Ausfall des gealterten EIS verursachen können, allein oder in Verbindung mit anderen Beanspruchungen

3.2.3

Einflussfaktor

Beanspruchung hervorgerufen durch Bedingungen des Betriebes, der Umwelt oder durch Prüfung, welche die Lebensdauer eines EIS beeinflusst

ANMERKUNG Der Begriff „Einflussfaktor“ bezeichnet externe Faktoren (wie Umgebungstemperatur), die Belastungen im EIS erzeugen, die unterschiedlich von der Belastung des geforderten Prüfungszyklus des Geräts ist (z. B. Temperaturanstieg durch Belastung).

3.2.4

Betriebsbedingungen

Kombination von Einflussfaktoren und Leistung, die bei einer speziellen Anwendung eines elektrischen Betriebsmittels zu erwarten sind

3.2.5**Referenz-Betriebsbedingungen**

Betriebsbedingungen des Betriebsmittels, auf die sich die Prüfbedingungen des Verfahrens der Funktionsprüfung beziehen

3.2.6**Betriebsanforderungen**

festgelegte Einflussfaktoren, beabsichtigte Lebensdauer und Betriebsart eines elektrischen Betriebsmittels

3.2.7**Betriebserfahrungen**

quantitativer und/oder qualitativer Bericht während des Betriebs, mit oder ohne Ausfall eines EIS

3.2.8**Alterung**

irreversible Änderung von Eigenschaften eines EIS infolge der Einwirkung eines oder mehrerer Einflussfaktoren

ANMERKUNG 1 Einige Änderungen (z. B. hydrolytische Änderungen) können teilweise reversibel sein, wenn sich die Umgebungsbedingungen ändern.

ANMERKUNG 2 Alterung führt zu einer Verschlechterung des EIS.

3.2.9**Alterungsfaktor**

Einflussfaktor, welcher Alterung verursacht

3.2.10**intrinsische Alterung (stofflich bedingte Alterung)**

nicht-reversible Änderungen von Grundeigenschaften eines EIS durch Einwirkung von Alterungsfaktoren

3.2.11**extrinsische Alterung (Fehlstellen bedingte Alterung)**

Auftreten irreversibler Eigenschaftsänderungen von EIS durch die Wirkung von Alterungsfaktoren auf unbeabsichtigt eingebrachte Fehler in einem EIS

3.2.12**Wechselwirkung**

Änderungen von Art oder Grad der Alterung hervorgerufen durch das Zusammenwirken von zwei oder mehr Einflussfaktoren verglichen mit ihrer Alterungswirkung, wenn sie einzeln auf getrennte Objekte einwirken

3.2.13**direkte Wechselwirkung**

Wechselwirkung zwischen gleichzeitig einwirkenden Einflussfaktoren, die sich von derjenigen bei aufeinander folgender Einwirkung unterscheidet

ANMERKUNG Nicht alle Faktoren, die direkte Wechselwirkung hervorrufen, sind notwendigerweise Alterungsfaktoren.

3.2.14**indirekte Wechselwirkung**

Wechselwirkung, die zwischen gleichzeitig wirkenden Einflussfaktoren auftritt, aber unverändert bei aufeinander folgender Anwendung bleibt

3.3 Begriffe mit Bezug auf Prüfung**3.3.1****Funktionsprüfung**

Verfahren, um Informationen über die Eignung eines EIS unter vorgegebenen Bedingungen zu erlangen

3.3.2

Prüfling

Probe der (elektrischer) Ausrüstung oder ein Teilstück davon oder ein Modell, das die Ausrüstung vollständig oder teilweise darstellt, welches das EIS beinhaltet, das bei der Funktionsprüfung verwendet wird

3.3.3

beschleunigte Alterung

Ergebnis durch Erhöhung des Pegels und/oder der Frequenz der Anwendung der Einflussfaktoren über die normalen Werte des Betriebes hinaus

3.3.4

beschleunigte Prüfung

Funktionsprüfung unter Anwendung beschleunigter Alterung zur Abkürzung der Prüfzeit

3.3.5

Konditionieren

eine Probe einer Atmosphäre mit festgelegter relativer Feuchtigkeit aussetzen oder vollständig in Wasser oder eine andere Flüssigkeit bei einer festgelegten Temperatur für eine festgelegte Dauer eintauchen

3.3.6

Konditionieren vor der Diagnose

veränderliche oder feste Beanspruchungen, die dauernd oder periodisch auf ein EIS einwirken können, um die Tauglichkeit einer Funktionsprüfung zu erhöhen, den Grad der Alterung zu ermitteln

ANMERKUNG Konditionieren vor der Diagnose kann zusätzliche Alterung verursachen.

3.3.7

diagnostischer Faktor

veränderliche oder feste Beanspruchung, die auf ein EIS wirkt, um den Grad der Alterung festzustellen

3.3.8

diagnostische Prüfung

zeitweise oder permanente Einwirkung eines festgelegten Pegels eines diagnostischen Faktors auf einen Prüfling, um festzustellen, ob oder wann das Schluss-Kriterium erreicht worden ist

3.3.9

Schluss-Kriterium

Zeitpunkt, in dem ein System nicht mehr in der Lage ist, seine Betriebsbedingungen zu erfüllen

3.3.10

Lebensdauerende

der Wert entweder einer Eigenschaft oder der Änderung einer Eigenschaft, die das Lebensdauerende eines Prüflings in einer Funktionsprüfung definiert

3.3.11

Prüfungszyklus

wiederholte Einwirkung von einem oder mehreren Einflussfaktoren, entweder nacheinander oder gleichzeitig, und von diagnostischen Faktoren im Rahmen einer Prüfung

3.3.12

Unterzyklus

festgelegte Abschnitte innerhalb von Prüfungszyklen

ANMERKUNG Der Unterzyklus kann zum Beispiel ein Abschnitt starker Einwirkung von hoher Temperatur und Feuchtigkeit sein, um die Eigenschaften des Systems zu beeinflussen, oder ein Abschnitt, bei dem das System für Diagnosezwecke Hochspannung ausgesetzt ist.

4 Alterung

4.1 Allgemeines

Alterung ist definiert als irreversible Änderung von Eigenschaften eines EIS als Folge der Einwirkung eines oder mehrerer Einflussfaktoren. Alterungsbeanspruchungen können entweder intrinsische oder extrinsische Alterung bewirken. In den meisten EIS herrscht extrinsische Alterung vor. Bild 1 gibt schematisch den grundlegenden Ablauf wieder.

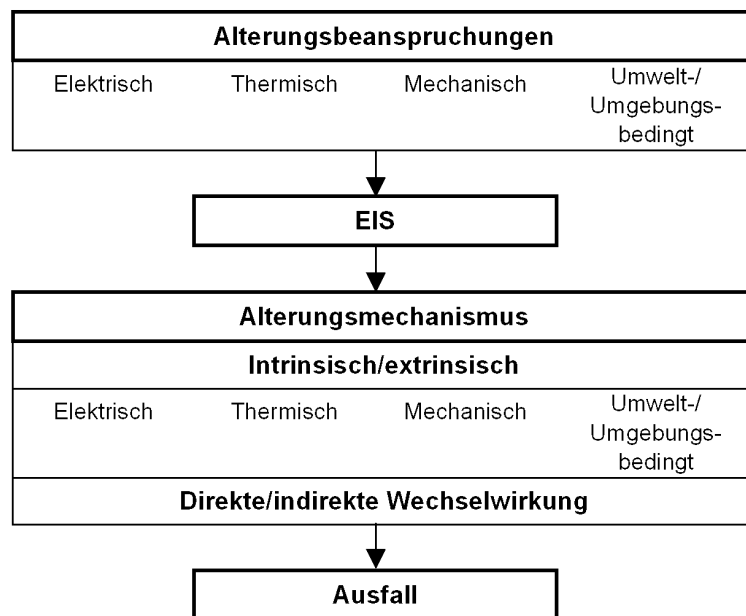


Bild 1 – Alterung eines EIS

Art und Umfang von Verunreinigungen und/oder das Ausmaß von Fehlern in einem EIS bestimmen in vielen Arten elektrischer Geräte deren Betriebsverhalten deutlich. Grundsätzlich wird das Betriebsverhalten des Betriebsmittels umso besser sein, je geringer und je weniger schwerwiegende Verunreinigungen und/oder Fehlstellen das EIS enthält. Um zu vermeiden, dass man irreführende Ergebnisse aus Funktionsprüfungen erhält, sollte ein Prüflings-EIS möglichst den vollen Umfang an Verunreinigungen und/oder Fehlstellen enthalten, die tatsächlich in dem im Betrieb benutzten EIS zu erwarten sind.

Die Alterungsfaktoren bewirken elektrische, thermische, mechanische und umweltbedingte Alterungsmechanismen, die gegebenenfalls zum Ausfall führen. Während der Alterung können einwirkende Beanspruchungen, die anfangs das EIS nicht angreifen, zu Alterungsfaktoren werden und damit die Geschwindigkeit des Abbaues verändern.

Wenn die Alterung durch einen einzigen Alterungsfaktor bestimmt wird, wird dies als Einzelfaktoralterung bezeichnet. Mehrfaktoralterung tritt auf, wenn mehr als ein Alterungsfaktor wesentlich die Alterung des EIS bestimmt. Alterungsfaktoren können synergistisch wirken, das heißt, es können direkte Wechselwirkungen zwischen den Beanspruchungen auftreten. Diese können positiv oder negativ sein.

Die Alterung eines praktischen EIS kann kompliziert sein, und ein Ausfall wird gewöhnlich durch das Zusammenwirken von Alterungsmechanismen verursacht, selbst, wenn nur ein bestimmender Alterungsfaktor, z. B. bei Einzelfaktoralterung, vorhanden ist.

Sofern nur wenig Erfahrung oder Kenntnisse über das Betriebsverhalten eines speziellen EIS vorhanden sind, muss der Anwender dieser Norm entscheiden, ob Einzel- oder Mehrfaktorenprüfverfahren für seine spezielle Ausrüstung angemessen sind.

ANMERKUNG Die Klassifizierung der betriebsbedingten Umgebung bei elektrischen Geräten wird in Veröffentlichungen von IEC/TC 75 behandelt. Methoden für Dauerprüfungen bei Umwelteinflüssen für elektrische Ausrüstungen sind in Veröffentlichungen von IEC/TC 50 (vor allem von IEC/SC 50B) beschrieben, siehe Literaturhinweise.

Unter Umgebungsbelastungen werden solche Umgebungen verstanden, die nicht der in IEC 60212 beschriebenen Laborumgebung entsprechen.

Weitere Normen, die Verfahren zur Auslagerung oder der Charakterisierung von Isolationsmaterialien bereitstellen, sind in den Literaturhinweisen aufgelistet.

Im Idealfall sollten in Funktionsbewertungsprüfungen alle im Betrieb auftretenden Alterungsmechanismen nachgebildet werden. Oft ist dies in der Praxis schwer zu erreichen, weil die Bedingungen, unter denen ein bestimmter Alterungsmechanismus wirksam ist, nicht vollständig bekannt sind oder verstanden werden können. Verschiedene Alterungsmechanismen können entweder gleichzeitig oder aufeinander folgend auftreten.

Angenommen, ein EIS ist z. B. elektrischen (E), thermischen (T), mechanischen (M) und Umweltbeanspruchungen (A) ausgesetzt, wie Bild 2 zeigt: Anfangs, bei Schritt A findet elektrische Alterung statt, die eine Zunahme der dielektrischen Verluste bewirkt und eine oder mehrere Temperaturerhöhungen in der Isolierung hervorruft. In diesen Bereichen erhöhter Temperaturen werden Umwelt- und thermische Beanspruchungen zu Alterungsfaktoren und beschleunigen die chemischen Veränderungen in der Isolierung (Schritt B). Die chemischen Veränderungen können dann eine Zu- oder Abnahme der gesamten Alterungsgeschwindigkeit bewirken; eine Verringerung ist in Bild 3 dargestellt. Sobald die mechanischen Eigenschaften der angegriffenen Isolierung auf einen von den mechanischen Beanspruchungen abhängigen kritischen Wert abgenommen haben, werden örtliche Brüche verursacht (Schritt C). Folglich werden, sobald die Brüche eine kritische Größe erreichen, Teilentladungen auftreten und gegebenenfalls zum vollständigen Ausfall führen (Schritt D). Somit verläuft die Alterung, wie in Bild 3 gezeigt, nicht linear mit der Zeit.

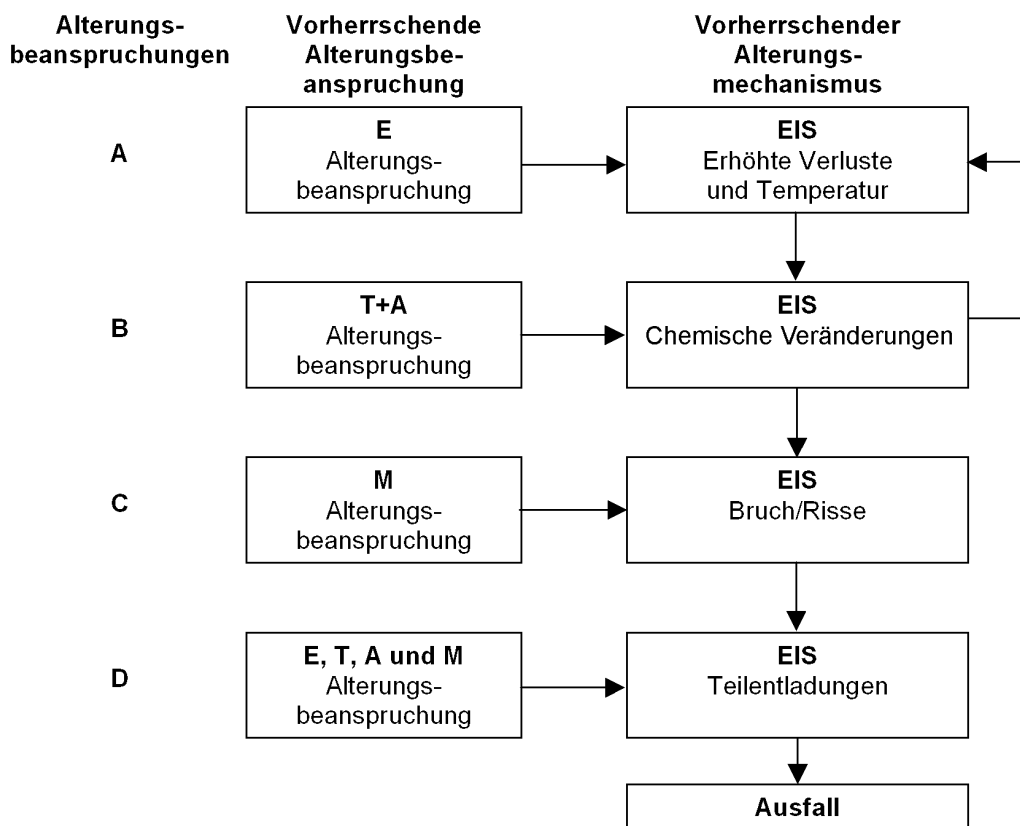


Bild 2 – Beispiel möglicher Alterungsmechanismen als Funktion der Zeit

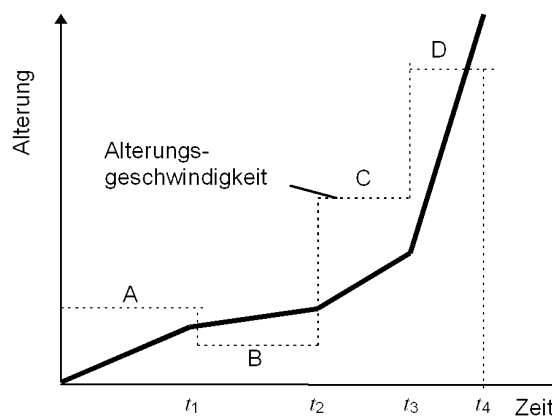


Bild 3 – Alterung als Funktion der Zeit nach Bild 2

Alternativ könnten die chemischen Veränderungen im Schritt B, wie Bild 4 zeigt, die dielektrischen Verluste weiter erhöhen und zu einer schnellen Zunahme der Temperatur mit örtlichem Schmelzen führen. Im Schritt C ist dann der Verlust an mechanischer Festigkeit ausreichend dafür, dass es zum Ausfall kommt. Bild 5 zeigt die Alterung als Funktion der Zeit.

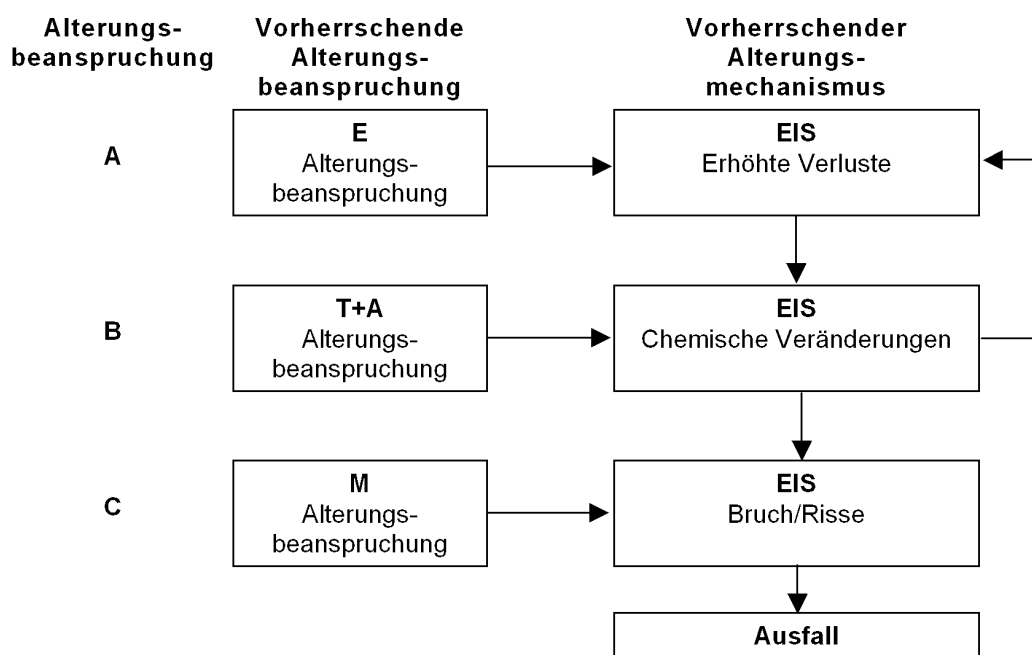


Bild 4 – Beispiel möglicher Alterungsmechanismen als Funktion der Zeit

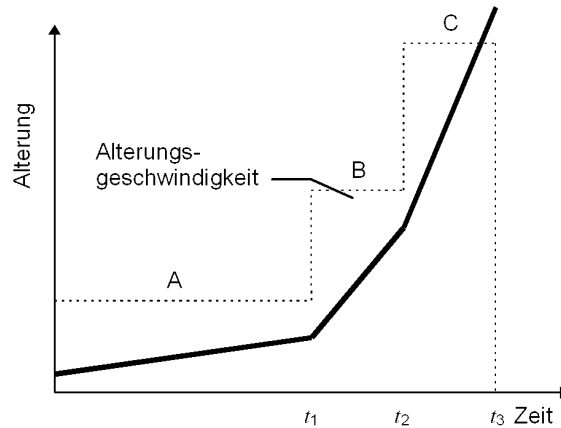


Bild 5 – Alterung als Funktion der Zeit nach Bild 4

Die Nachbildung dieser beiden Beispiele von Mehrfaktorenalterung in Funktionsprüfungen ist schwierig.

Die Wahl der Prüfbedingungen kann unter Umständen die Dauer der Abschnitte nicht im gleichen Verhältnis darstellen und kann im Extremfall Ausfallarten bewirken, die unter normalen Betriebsbedingungen nicht beobachtet werden. Dies könnte zu wesentlichen Fehlern bei der Voraussage der Betriebslebensdauer eines EIS an Hand von Funktionsprüfungen führen.

4.2 Die Ermittlung von Alterungsmechanismen

Anhang B stellt vier Flussdiagramme in den Bildern B.1, B.2, B.3 und B.4 vor, die jeweils intrinsische und extrinsische elektrische, thermische, mechanische und umweltbedingte Alterung von EIS ausführlich beschreiben. Jedes der Flussdiagramme gründet sich auf Betriebserfahrungen mit verschiedenen Arten von EIS und zeigt mögliche Mechanismen der Verschlechterung und des Ausfalls, die bei den verschiedenen Arten der Alterung und der Wechselwirkungen zwischen Alterungsfaktoren auftreten können. Obwohl mehrere Ausfallmechanismen gezeigt werden, soll dies keine erschöpfende Darstellung der Mechanismen sein, die unter praktischen Betriebsbedingungen aller (Arten von) Betriebsmittel(n) gefunden werden können. Es ist wichtig zu beachten, dass die zum eventuellen Ausfall führende Alterung im Allgemeinen durch mehr als einen Mechanismus verursacht wird.

Diese Flussdiagramme sollten benutzt werden:

- a) als Kontrollliste zur Bestimmung des Alterungsmechanismus von Ausrüstungen und Geräten. Die Mechanismen können einzeln oder gleichzeitig wirksam sein.
- b) zur Entwicklung von Funktions- und beschleunigten Alterungsprüfungen oder Prüfzyklen. Höhe und Art der angewendeten Beanspruchungen und deren Dauer werden davon abhängen, wie sie die Alterungsmechanismen beeinflussen.
- c) zur Entwicklung geeigneter diagnostischer Prüfungen oder Prüfzyklen zur Ermittlung des Zustandes der EIS.

Auf der Grundlage der Kenntnis von Betriebserfahrungen, Betriebsbedingungen und der Eigenschaften der Bestandteile der betreffenden EIS sollte der Anwender dieser Norm ein oder mehrere Flussdiagramme wählen, die den ausschlaggebenden Alterungsfaktor oder die Alterungsfaktoren zeigen, die in Betracht kommen. Die verschiedenen Alterungsfaktoren, die zum Ausfall führen, sollten sorgfältig darauf untersucht werden, welche Rolle das Ausmaß von Verunreinigungen und Fehlern spielt. Ein geändertes Flussdiagramm, das nur die wesentlichen Alterungsmechanismen enthält, sollte dann als Hilfe für die Entwicklung der Zyklen der Funktionsalterungsprüfung und der diagnostischen Prüfung angefertigt werden. Typische Beispiele hierzu zeigen die Bilder B.5 bis B.8.

Wenn ungenügende Informationen zu Betriebserfahrungen und/oder die möglichen Alterungsmechanismen vorhanden sind, sollten die Alterungsbedingungen aus den strengsten Beanspruchungswerten abgeleitet werden, für die das EIS entworfen wurde.