

	Drehende elektrische Maschinen Verfahren der äquivalenten Belastung und Überlagerung – Indirekte Prüfung zur Ermittlung der Übertemperatur (IEC 61986:2002) Deutsche Fassung EN 61986:2002	DIN EN 61986
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekannt gegeben worden.	Klassifikation VDE 0530 Teil 2-20
ICS 29.160.01 Rotating electrical machines – Equivalent loading and superposition techniques – Indirect testing to determine temperature rise (IEC 61986:2002); German version EN 61986:2002 Machines électriques tournantes – Charge équivalente et techniques par superposition – Essais indirects pour déterminer l'échauffement (CEI 61986:2002); Version allemande EN 61986:2002 Die Europäische Norm EN 61986:2002 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 61986 wurde am 2001-09-01 angenommen. Nationales Vorwort Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 311 „Drehende elektrische Maschinen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 2G/105/CDV (VDE 0530 Teil 2-100):1999-11. Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 2 „Rotating machinery“ erarbeitet. Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2006 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation – bestätigt, – zurückgezogen, – durch eine Folgeausgabe ersetzt oder – geändert. Fortsetzung Seite 2 und 24 Seiten EN DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

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.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60034-1:1998 + A1:1998 + A2:1999	IEC 60034-1:1996, mod. + A1:1997 + A2:1999	DIN EN 60034-1 (VDE 0530 Teil 1):2000-09	VDE 0530 Teil 1
EN 60034-2:1996 + A1:1996 + A2:1996	IEC 60034-2:1972 + IEC 60034-2A:1974 + A1:1996 + A2:1996	DIN EN 60034-2 (VDE 0530 Teil 2):1998-09	VDE 0530 Teil 2

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60034-1 (VDE 0530 Teil 1), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten (IEC 60034-1:1996, modifiziert + A1:1997 + A2:1999); Deutsche Fassung EN 60034-1:1998 + A1:1998 + A2:1999.*

DIN EN 60034-2 (VDE 0530 Teil 2), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 2: Verfahren zur Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades von drehenden elektrischen Maschinen aus Prüfungen (ausgenommen Maschinen für Schienen- und Straßenfahrzeuge) (IEC 60034-2:1972 + IEC 60034-2A:1974 + A1:1996 + A2:1996); Deutsche Fassung EN 60034-2:1996 + A1:1996 + A2:1996.*

Drehende elektrische Maschinen – Verfahren der äquivalenten Belastung und Überlagerung – Indirekte Prüfung zur Ermittlung der Übertemperatur
(IEC 61986:2002)

Rotating electrical machines – Equivalent loading and super-position techniques – Indirect testing to determine temperature rise
(IEC 61986:2002)

Machines électriques tournantes – Charge équivalente et techniques par superposition – Essais indirects pour déterminer l'échauffement
(CEI 61986:2002)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2001-09-01 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, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechische Republik und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 2G/115/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61986, ausgearbeitet von dem SC 2G „Test methods and procedures“ des IEC TC 2 „Rotating machinery“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2001-09-01 als EN 61986 angenommen.

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): 2002-10-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2004-09-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.
In dieser Norm ist Anhang ZA normativ.
Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61986:2002 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen.....	4
3 Formelzeichen und Einheiten	4
4 Allgemeine Prüfungsanforderungen	5
5 Prinzip der Überlagerungsprüfungen.....	6
5.1 Allgemeines.....	6
5.2 Zulässige Übertemperatur bei Überlagerungsprüfungen	7
6 Überlagerungsverfahren für Induktionsmotoren	7
6.1 Verfahren mit verminderter Spannung und Bemessungsstrom.....	7
6.2 Verfahren mit Bemessungsspannung und verminderter Last	10
6.3 Verfahren für Schleifringläufer-Induktionsmotoren	10
7 Überlagerungsverfahren für Synchronmaschinen	11
7.1 Verfahren mit offenen Klemmen, bei Kurzschluss und ohne Erregung.....	11
7.2 Verfahren mit Leistungsfaktor Null und Betrieb bei offenen Klemmen	11
8 Überlagerungsverfahren für Gleichstrommaschinen	12
9 Prinzip der äquivalenten Belastung	13
9.1 Allgemein	13
9.2 Zulässige Übertemperatur bei Prüfungen mit äquivalenter Belastung	13
10 Prüfung mit äquivalenter Belastung bei Induktionsmotoren	14
10.1 Prüfung mit veränderter Speisefrequenz	14
10.2 Verfahren mit Frequenzmodulation	14
10.3 Gleichstromeinkopplung ¹¹⁾	15
10.4 Verfahren mit bifrequenter Speisung	16
11 Prüfung mit äquivalenter Belastung bei Synchronmaschinen – Leistungsfaktor Null	17
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	24
Bild 1 – Graphisches Überlagerungsverfahren für Induktionsmotoren	20
Bild 2 – Ableitung der Erreger-Übertemperatur bei Bemessungslast (Synchronmaschinen).....	20
Bild 3 – Prüfschaltung für die Gleichstromeinkopplung	21
Bild 4 – Prüfung mit bifrequenter Speisung mittels Generatoren in Reihenschaltung.....	21
Bild 5 – Prüfung mit bifrequenter Speisung mittels Stromtransformator.....	22
Bild 6 – Drehmoment und Strom im Arbeitspunkt bei einer Prüfung mit bifrequenter Speisung	22
Bild 7 – Versorgung des Läufers beim Verfahren mit bifrequenter Speisung.....	23

1 Anwendungsbereich

Diese internationale Norm ist anwendbar auf Maschinen nach IEC 60034-1, die aus beliebigen Gründen nicht mit festgelegten Bedingungen (mit Bemessungslast oder anderer Last) betrieben werden können. Sie gilt sowohl für Motoren als auch Generatoren, aber die Verfahren sind für Maschinen von 1 kW und darunter nicht geeignet.

Das Ziel dieser Norm ist die Bereitstellung verschiedener indirekter Belastungsprüfungen zum Zwecke der Ermittlung der Übertemperatur von drehenden elektrischen Maschinen, einschließlich Wechselstrom-Induktionsmaschinen, Wechselstrom-Synchronmaschinen und Gleichstrommaschinen. In manchen Fällen geben die Prüfverfahren zusätzlich die Möglichkeit zur Messung oder Schätzung anderer Parameter wie Verluste oder Schwingungen, aber die Verfahren sind nicht speziell zur Erfassung solcher Daten ausgelegt.

Die vorgeschlagenen Prüfverfahren sind als äquivalent zu betrachten, ihre Wahl hängt nur von den lokalen Gegebenheiten, der Prüfeinrichtung, der Maschinenart und der Genauigkeit der Prüfergebnisse ab.

Diese Norm ist nicht so zu interpretieren, dass die Durchführung einer oder aller der beschriebenen Prüfungen an irgendeiner gegebenen Maschine erforderlich ist. Die einzelnen durchzuführenden Prüfungen sind Gegenstand besonderer Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer.

Da die Verfahren die thermischen Bedingungen der Maschinen nur näherungsweise wiedergeben, die unter normalen Bemessungsbedingungen auftreten, können die ermittelten Übertemperaturen nach diesen Verfahren als Grundlage zur Bestimmung der Maschinenerwärmung nach 7.10 von IEC 60034-1 nur^{N1)} nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer verwendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser Internationalen Norm sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Anwender dieser Internationalen Norm werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neuesten Ausgaben der nachfolgend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments. Mitglieder von ISO und IEC führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

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

IEC 60034-2, *Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machines from tests (excluding machines for traction vehicles)*.

3 Formelzeichen und Einheiten

K_{11}, K_{22} usw.	Koeffizienten der Stromwärmeverluste, welche die Übertemperatur von Komponente 1 infolge von Verlusten in Komponente 1 bestimmen usw., K/W
K_{12}, K_{13} usw.	Koeffizienten der Stromwärmeverluste, welche die Übertemperatur von Komponente 1 infolge von Verlusten in Komponente 2 bestimmen usw., K/W
$\Delta\theta$	Übertemperatur, K
θ	Temperatur, °C
K	Steigung der Geraden, welche die Änderung der Temperatur mit den Verlusten angibt, K/W
P	Verluste, W
I	Strom, A
R	Widerstand, Ω

N1) Nationale Fußnote: Das „nur“ wurde sinngemäß ergänzt; es ist im englischen Text nicht enthalten.

X_L	Ständer-Streureaktanz, Ω
V	Spannung, V
f	Frequenz, Hz
ω	Winkelgeschwindigkeit, rad/s
$f_{1,2}$	Haupt-/Hilfsfrequenz
Δt	Zeitintervall, s
λ	Quotient aus Hilfs- und Hauptspannung
F	Modulationsfrequenz, Hz
δ	Amplitude der Frequenzmodulation, Hz
T	Drehmoment, Nm
J	Massenträgheitsmoment, kgm^2
$\cos\varphi$	Grundschwingungs-Leistungsfaktor ^{N2)}
γ	Prüfgenauigkeit, %
σ	Korrekturfaktor

Indizes

m, n, o, p	Prüfbedingungen
1, 2, 3 usw.	Maschinenkomponente (z. B. Ständerwicklung, Läuferwicklung, Ständereisen usw.)
t	Prüfung
f	Feld
A	Umgebung
s	Ständer
N	Bemessungswert
α	übererregt/Leerlauf
β	untererregt/Kurzschluss
super	Überlagerungsprüfung
equiv	Prüfung mit äquivalenter Belastung

4 Allgemeine Prüfungsanforderungen

Die Messung der elektrischen Parameter ist wie folgt durchzuführen:

- Die Genauigkeitsklasse der Messinstrumente darf nicht schlechter als 0,2 sein, mit Ausnahme der Wattmeter bei $\cos\varphi$ kleiner als 0,5 und Frequenzmessern, die eine Genauigkeitsklasse von 0,5 haben dürfen.
- Der Messbereich der Instrumente ist so zu wählen, dass die Ablesewerte mehr als 30 % vom Vollausschlag betragen. Diese Anforderung braucht im Falle der dreiphasigen Leistungsmessung mit zwei Wattmetern nicht erfüllt zu werden, aber Ströme und Spannungen der Messkreise müssen wenigstens 20 % der Bemessungswerte der verwendeten Wattmeter betragen. Der Messbereich der anderen Instrumente ist so zu wählen, dass die Messfehler nicht größer werden.
- Kurvenform und Unsymmetrie der speisenden Spannung an den Maschinenklemmen müssen mit den Anforderungen 6.1 bis 6.5 von IEC 60034-1 übereinstimmen.
- Jeder Leiterstrom muss gemessen werden. Bei Ungleichheit muss zur Festlegung des Maschinen-Arbeitspunktes der arithmetische Mittelwert verwendet werden.

N2) Nationale Fußnote: Der Grundschwingungsbezug wurde ergänzt.

- e) Die Aufnahmeleistung einer dreiphasigen Maschine darf mittels zweier Einphasen-Wattmeter gemessen werden, die nach dem Zweiwattmeterverfahren geschaltet sind, oder durch ein Mehrphasen-Wattmeter oder mittels dreier Einphasen-Wattmeter. Die an einem Wattmeter abgelesene Gesamtleistung muss um die Stromwärmeverluste im Spannungskreis oder im Stromkreis der Instrumente je nach ihrer Schaltung vermindert werden, sofern diese Verluste einen messbaren Anteil der Gesamtleistung ausmachen. Bei digitalen Messinstrumenten ist es nicht erforderlich, die abgelesene Gesamtleistung um Stromwärmeverluste zu vermindern.

Sofern nichts anderes angegeben ist, sind alle zu messenden elektrischen Größen Effektivwerte.

5 Prinzip der Überlagerungsprüfungen

5.1 Allgemeines

Überlagerungsprüfungen können an jeder Gleichstrom- oder Wechselstrommaschine durchgeführt werden. Das Verfahren umfasst eine Folge von Prüfungen bei Betriebsbedingungen, die sich von der Bemessungslast unterscheiden, z. B. reduzierte Last, Leerlauf, Kurzschluss, verminderte Spannung, Blindlast mit voreilendem (untererregtem) oder nacheilendem (übererregtem) Strom^{N3)}.

Das Verfahren erlaubt es, auf Übertemperaturen verschiedener Komponenten der Maschine zu schließen. Bei jeder Komponente müssen die Verluste bei der speziellen Prüfbedingung und bei Vollast bekannt sein. Die Prüfungen sollen unter den gleichen Kühlbedingungen wie bei Bemessungslast durchgeführt werden. Daher ist eine Prüfung bei festgebremstem Läufer ungeeignet, da Größe und Verteilung des Luftstroms falsch wären.

Nach Beendigung der jeweiligen Prüfungen werden Gleichungen von folgender Form aufgestellt:

$$\Delta\theta_{1m} = K_{11}P_{1m} + K_{12}P_{2m} + K_{13}P_{3m}$$

Dabei ist

$\Delta\theta_{1m}$ die gemessene Übertemperatur der Komponente 1 bei Prüfung m;

P_{1m}, P_{2m} usw. die Verluste der Komponente 1, 2 usw. bei Prüfbedingung m;

K_{11}, K_{12} usw. die Koeffizienten der Wärmeverluste, welche die Übertemperatur der Komponente 1 infolge der Verluste in Komponente 1, der Übertemperatur in Komponente 1 infolge der Verluste in Komponente 2 usw. bestimmen.

Zum Beispiel können die Komponenten 1, 2 und 3 für die Ständerwicklung, das Ständereisen und die Läuferwicklung stehen.

Bei manchen Prüfbedingungen können bestimmte Verluste und daher auch die entsprechenden Terme in den Gleichungen verschwinden. Beispielsweise weist eine Synchronmaschine bei Leerlauf $K_{11} P_1 = 0$ und bei Kurzschluss $K_{12} P_2 = 0$ auf.

Das Verfahren geht davon aus, dass die Koeffizienten K sich von Prüfung zu Prüfung nicht ändern, d. h. dass sich die Kühlbedingungen zwischen den Prüfungen nicht ändern; es ist daher erforderlich, dass die Drehzahl bei jeder Prüfung die gleiche ist. Das Verfahren nimmt außerdem lineare thermische Bedingungen an, so dass Übertemperaturen bei einem Fall mit denen bei einem anderen Fall addiert werden können. Es ist erforderlich, dass die Verluste in den betrachteten Komponenten für jeden Fall durch Rechnung oder Messung ausreichend genau bekannt sind.

Wenn die Prüfungen beendet und die Gleichungen zusammengestellt sind, können die Koeffizienten K in einfacher Weise arithmetisch ermittelt werden. Diese werden dann in der endgültigen Gleichung mit den

N3) Nationale Fußnote: Die Zuordnung voreilend zu „untererregt“ und nacheilend zu „übererregt“ setzt die Benutzung des Erzeuger-Zählpeilsystems voraus.