

	DIN IEC 60034-1 (VDE 0530-1)	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 29.160.01 Einsprüche bis 2008-08-31 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1):2005-04 und DIN EN 60034-1 Berichtigung 1 (VDE 0530-1 Berichtigung 1):2007-09 Entwurf Drehende elektrische Maschinen – Teil 1: Messung und Betriebsverhalten (IEC 2/1500/CD:2008) Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance (IEC 2/1500/CD:2008) Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement (CEI 2/1500/CD:2008) Anwendungswarnvermerk Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-06-30 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten – vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main. Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 140 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 2/1500/CD:2008 „Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance“ (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.

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) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1):2005-04 und DIN EN 60034-1 Berichtigung 1 (VDE 0530-1 Berichtigung 1):2007-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) In 6.5 Klarstellung der Kühlwasser-Bezugstemperatur;
- b) in 8.10.2 geringfügige Änderung der Tabelle 12;
- c) in 10.2 Anerkennung des IE-Codes.

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 60027-1:2006 + A2:2007	IEC 60027-1 :1995 (Reprint) + A1:1997 + A2:2005	DIN EN 60027-1:2007-09	—
EN 60027-4:2007	IEC 60027-4:2006	DIN EN 60027-4:2008-03	—
EN 60034-2:1996 + A1:1996 + A2:1996	IEC 60034-2:1972 + IEC 60034-2A:1974 + A1:1995 + A2:1996	DIN EN 60034-2 (VDE 0530-2):1998-09	VDE 0530-2
EN 60034-3:2005	IEC 60034-3:2005	DIN EN 60034-3 (VDE 0530-3):2006-02	VDE 0530-3
EN 60034-5:2001 + A1:2007	IEC 60034-5:2000 + Corr.: 2001 + A1:2006	DIN EN 60034-5 (VDE 0530-5):2007-09	VDE 0530-5
EN 60034-6:1993	IEC 60034-6:1991	DIN EN 60034-6 (VDE 0530-6):1996-08	VDE 0530-6
EN 60034-8:2007	IEC 60034-8:2007	DIN EN 60034-8 (VDE 0530-8):2008-04	VDE 0530-8
EN 60034-12:2002 + A1:2007	IEC 60034-12:2002 + A1:2007	DIN EN 60034-12 (VDE 0530-12):2008-04	VDE 0530-12
EN 60034-15:1996	IEC 60034-15:1995	DIN EN 60034-15 (VDE 0530-15):1996-08	VDE 0530-15
—	IEC/TS 60034-17:2006	DIN VDE 0530-17 (VDE 0530-17):2007-12	VDE 0530-17
—	IEC 60034-18	Normen der Reihe DIN EN 60034-18	—
—	IEC 60034-30	—	—
HD 472 S1:1989 + Corr.:2002	IEC 60038:1983 + A1:1994 + A2:1997	DIN IEC 60038 (VDE 0175):2002-11	VDE 0175
—	IEC 60050-411:1996	IEV Teil 411:1998-02	—
HD 588.1 S1:1991	IEC 60060-1:1989 + Corr.: 1990	DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1):1994-06	VDE 0432-1
—	Normen der Reihe IEC 60072	—	—
EN 60085:2004	IEC 60085:2004	DIN EN 60085 (VDE 0301-1):2005-05	VDE 0301-1
EN 60204-1:2006	IEC 60204-1:2005, modifiziert	DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1):2007-06	VDE 0113-1
EN 60204-11:2000	IEC 60204-11:2000	DIN EN 60204-11 (VDE 0113-11):2001-05	VDE 0113-11
—	IEC 60279	—	—

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60335-1:2002 + A11:2004 + A1:2004 + A12:2006 + Corr.:2006 + A2:2006	IEC 60335-1:2001, modifiziert + Corr. 1 (ed. 4):2002 + A1:2004 + Corr. 1 (ed. 4.1):2005 + A2:2006 + Corr. 1 (A2):2006	DIN EN 60335-1 (VDE 0700-1):2007-02	VDE 0700-1
EN 60445:2007	IEC 60445:2006, modifiziert	DIN EN 60445 (VDE 0197):2007-11	VDE 0197
Normen der Reihe EN 60664	Normen der Reihe IEC 60664	Normen der Reihe DIN EN 60664 (VDE 0110)	Normen der Reihe VDE 0110
–	IEC 60971:1989	DIN IEC 60971:1994-08	–
EN 61293:1994	IEC 61293:1994	DIN EN 61293:1995-02	–
EN 61986:2002	IEC 61986:2002	DIN EN 61986 (VDE 0530-2-20):2002-10	VDE 0530-2-20
EN 62114:2001	IEC 62114:2001	DIN EN 62114 (VDE 0302-100):2002-09	VDE 0302-100
EN 55011:1998 + A1:1999 + A2:2002	IEC/CISPR 11:1997, mod. + A1:1999 + A2:2002	DIN EN 55011 (VDE 0875-11):2003-08	VDE 0875-11
–	CISPR 14	–	–
–	CISPR 16	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 55011 (VDE 0875-11), *Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte (ISM-Geräte)*

DIN EN 60027-1, *Formelzeichen für die Elektrotechnik – Teil 1: Allgemeines*

DIN EN 60027-4, *Formelzeichen für die Elektrotechnik – Teil 4: Drehende elektrische Maschinen*

DIN EN 60034-2 (VDE 0530-2), *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)*

DIN EN 60034-3 (VDE 0530-3), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 3: Besondere Anforderungen an Vollpol-Synchronmaschinen*

DIN EN 60034-5 (VDE 0530-5), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 5: Schutzarten aufgrund der Gesamtkonstruktion von drehenden elektrischen Maschinen (IP-Code) – Einteilung*

DIN EN 60034-6 (VDE 0530-6), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 6: Einteilung der Kühlverfahren (IC-Code)*

DIN EN 60034-8 (VDE 0530-8), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 8: Anschlussbezeichnungen und Drehsinn*

DIN EN 60034-12 (VDE 0530-12), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 12: Anlaufverhalten von Drehstrommotoren mit Käfigläufer ausgenommen polumschaltbare Motoren*

- DIN EN 60034-15 (VDE 0530-15), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 15: Bemessungsstoßspannungen drehender Wechselstrommaschinen mit Formspulen im Ständer*
- DIN VDE 0530-17 (VDE 0530-17), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 17: Umrichter gespeiste Induktionsmotoren mit Käfigläufer – Anwendungsleitfaden*
- Normen der Reihe DIN EN 60034-18, *Drehende elektrische Maschinen – Teil 18: Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen*
- DIN EN 60085 (VDE 0301-1), *Elektrische Isolierung – Thermische Klassifizierung*
- DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1), *Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- DIN EN 60204-11 (VDE 0113-11), *Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 11: Anforderungen an Hochspannungsausrüstung für Spannungen über 1000 V Wechselspannung oder 1500 V Gleichspannung, aber nicht über 36 kV*
- DIN EN 60335-1 (VDE 0700-1) + Berichtigung 1, *Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- DIN EN 60445 (VDE 0197), *Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle – Kennzeichnung der Anschlüsse elektrischer Betriebsmittel und angeschlossener Leiterenden*
- Normen der Reihe DIN EN 60664, *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen*
- DIN IEC 60971, *Halbleiter-Stromrichter – Kennzeichnungssystem für Stromrichterschaltungen*
- DIN EN 61293, *Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel mit Bemessungsdaten für die Stromversorgung – Anforderungen für die Sicherheit*
- DIN EN 61986 (VDE 0530-2-20), *Drehende elektrische Maschinen – Verfahren der äquivalenten Belastung und Überlagerung – Indirekte Prüfung zur Ermittlung der Übertemperatur*
- DIN EN 62114 (VDE 0302-100):2002-09, *Elektrische Isoliersysteme (EIS) – Thermische Klassifikation (IEC 62114:2001); Deutsche Fassung EN 62114:2001*
- DIN IEC 60038 (VDE 0175), *IEC-Normspannungen*
- DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1), *Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen*
- IEV *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 411: Drehende Maschinen; Identisch mit IEC 60050-411:1996-06*

Drehende elektrische Maschinen – Teil 1: Messung und Betriebsverhalten

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	10
4 Betrieb	14
4.1 Angabe des Betriebes	14
4.2 Betriebsarten	14
5 Bemessung	27
5.1 Festlegung der Bemessung	27
5.2 Bemessungsklassen	27
5.3 Auswahl einer Bemessungsklasse	28
5.4 Zuordnung von Leistungen zur Bemessungsklasse	28
5.5 Bemessungsleistung	29
5.6 Bemessungsspannung	29
5.7 Zuordnung von Spannungen und Leistungen	29
5.8 Maschinen mit mehr als einer Bemessung	30
6 Betriebsbedingungen am Aufstellungsort	30
6.1 Allgemeines	30
6.2 Aufstellungshöhe	30
6.3 Höchste Umgebungstemperatur der Luft	30
6.4 Mindest-Umgebungstemperatur der Luft	30
6.5 Kühlwassertemperatur	30
6.6 Lagerung und Transport	30
6.7 Reinheit von Wasserstoff als Kühlmittel	30
7 Elektrische Betriebsbedingungen	31
7.1 Stromversorgung	31
7.2 Kurvenform und Symmetrie von Spannungen und Strömen	31
7.3 Spannungs- und Frequenzschwankungen während des Betriebes	34
7.4 Dreiphasen-Wechselstrommaschinen bei Betrieb an einem Netz mit nicht geerdetem Sternpunkt	35
7.5 Stehwerte für Scheitelwert und Anstiegsgeschwindigkeit der Spannung	35
8 Thermisches Verhalten und Prüfungen	36
8.1 Wärmeklasse	36
8.2 Referenz-Kühlmittel	36
8.3 Bedingungen für Erwärmungsprüfungen	37
8.4 Übertemperatur eines Maschinenteils	37
8.5 Temperatur-Messverfahren	38
8.6 Bestimmung der Wicklungstemperatur	38
8.7 Dauer der Erwärmungsprüfungen	41
8.8 Bestimmungen der thermischen Ersatzzeitkonstanten für Maschinen der Betriebsart S9	41
8.9 Verfahren zum Messen der Lagertemperatur	42
8.10 Grenzwerte für Temperatur und Übertemperatur	42
9 Sonstiges zu Betriebsverhalten und Prüfungen	51
9.1 Stückprüfungen	51
9.2 Prüfung der Stehspannung	51

	Seite
9.3 Gelegentliche Stromüberlastung	54
9.4 Kurzzeitige Drehmoment-Überlastbarkeit von Motoren	55
9.5 Sattelmoment.....	56
9.6 Sichere Betriebsdrehzahl von Induktionsmotoren mit Käfigläufer.....	56
9.7 Schleuderdrehzahl.....	56
9.8 Stoßkurzschlussstrom von Synchronmaschinen.....	57
9.9 Stoßkurzschlussprüfung von Synchronmaschinen	58
9.10 Kommutierungsprüfung von Kommutatormaschinen	58
9.11 Gesamt-Verzerrungsfaktor (<i>THD</i>) für Synchronmaschinen	58
10 Leistungsschilder.....	59
10.1 Allgemeines	59
10.2 Kennzeichnung	59
11 Sonstige Anforderungen.....	60
11.1 Erdung von Maschinen.....	60
11.2 Passfeder(n) für Wellenenden.....	62
12 Toleranzen.....	63
12.1 Allgemeines	63
13 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	65
13.1 Allgemeines	65
13.2 Störfestigkeit.....	65
13.3 Emission	65
13.4 Prüfungen der Störfestigkeit.....	65
13.5 Emissions-Prüfungen	65
14 Sicherheit.....	66
Anhang A (informativ) Hinweise für die Anwendung der Betriebsart S10 und die Festlegung des Zahlenwertes der bezogenen thermischen Lebenserwartung <i>TL</i>	67
Anhang B (informativ) Grenzwerte der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).....	68
 Bild 1 – Dauerbetrieb – Betriebsart S1	15
Bild 2 – Kurzzeitbetrieb – Betriebsart S2	16
Bild 3 – Periodischer Aussetzbetrieb – Betriebsart S3	17
Bild 4 – Periodischer Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufvorganges – Betriebsart S4	18
Bild 5 – Periodischer Aussetzbetrieb mit elektrischer Bremsung – Betriebsart S5	19
Bild 6 – Ununterbrochener periodischer Betrieb – Betriebsart S6.....	20
Bild 7 – Ununterbrochener periodischer Betrieb mit elektrischer Bremsung – Betriebsart S7	21
Bild 8 – Ununterbrochener periodischer Betrieb mit Last-/Drehzahländerungen – Betriebsart S8	23
Bild 9 – Betrieb mit nichtperiodischen Last- und Drehzahländerungen – Betriebsart S9.....	24
Bild 10 – Betrieb mit einzelnen konstanten Belastungen – Betriebsart S10	26
Bild 11 – Spannungs- und Frequenzgrenzen für Generatoren.....	35
Bild 12 – Spannungs- und Frequenzgrenzen für Motoren.....	35
 Tabelle 1 – Bevorzugte Bemessungsspannungen	29
Tabelle 2 – Schiefast-Betriebsbedingungen für Synchronmaschinen	32
Tabelle 3 – Kenngrößen der Funktionstüchtigkeit von Maschinen.....	34
Tabelle 4 – Referenz-Kühlmittel (siehe auch Tabelle 10).....	36
Tabelle 5 – Zeitintervalle.....	40
Tabelle 6 – Messstellen	42

	Seite
Tabelle 7 – Grenzwerte der Übertemperatur von indirekt mit Luft gekühlten Wicklungen	44
Tabelle 8 – Grenzwerte der Übertemperatur von indirekt mit Wasserstoff gekühlten Wicklungen	45
Tabelle 9 – Anpassungen der Grenzwerte der Übertemperatur am Betriebsstandort für indirekt gekühlte Wicklungen, wenn Betriebsbedingungen oder Bemessungen von den Referenzbedingungen abweichen	46
Tabelle 10 – Höchste Umgebungstemperatur	47
Tabelle 11 – Angepasste Grenzwerte der Übertemperatur $\Delta\Theta_T$ am Prüfort für indirekt durch Luft gekühlte Wicklungen, zur Berücksichtigung der Betriebsbedingungen am Prüfort.....	48
Tabelle 12 – Grenzwerte der Temperatur von direkt gekühlten Wicklungen und ihrer Kühlmittel	49
Tabelle 13 – Anpassung der Grenzwerte der Temperatur am Betriebsstandort für direkt durch Luft oder Wasserstoff gekühlte Wicklungen, wenn Betriebsbedingungen oder Bemessungen von den Referenzwerten abweichen	50
Tabelle 14 – Angepasste Grenzwerte der Temperatur Θ_T am Prüfort für direkt mit Luft gekühlte Wicklungen, zur Berücksichtigung der Betriebsbedingungen am Prüfort	50
Tabelle 15 – Mindestaufwand an Stückprüfungen.....	51
Tabelle 16 – Prüfung der Stehspannungen	52
Tabelle 17 – Höchste sichere Betriebsdrehzahl (min^{-1}) von Drehstrom-Induktionsmotoren mit Käfigläufer – ausgenommen polumschaltbare Motoren – mit Spannungen bis einschließlich 1 000 V.....	56
Tabelle 18 – Schleuderdrehzahlen	57
Tabelle 19 – Querschnitte der Erdungsleiter	61
Tabelle 20 – Zusammenstellung der Toleranzen von Größen	63
Tabelle B.1 – Grenzwerte der elektromagnetischen Emission für Maschinen ohne Bürsten.....	68
Tabelle B.2 – Grenzwerte der elektromagnetischen Emission für Maschinen mit Bürsten	68

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60034 gilt für alle drehenden elektrischen Maschinen mit Ausnahme derer, die Gegenstand anderer Normen sind, z. B. IEC 60349.

Maschinen, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können auch neuen, geänderten oder ergänzenden Anforderungen anderer Normen unterliegen, z. B. IEC 60079 und IEC 60092.

ANMERKUNG Müssen bestimmte Abschnitte dieser Norm im Hinblick auf besondere Anwendungen geändert werden, wie zum Beispiel bei Maschinen, die einer Radioaktivität ausgesetzt sind, oder bei für die Raumfahrt vorgesehenen Maschinen, so gelten alle anderen Abschnitte, insoweit sie zutreffend 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 60027-1, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1: General*

IEC 60027-4, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 4: Symbols for quantities to be used for rotating electrical machines*

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

IEC 60034-3, *Rotating electrical machines – Part 3: Specific requirements for turbine-type synchronous machines*

IEC 60034-5, *Rotating electrical machines – Part 5: Classification of degrees of protection provided by enclosures of rotating electrical machines (IP Code)*

IEC 60034-6, *Rotating electrical machines – Part 6: Methods of cooling (IC Code)*

IEC 60034-8, *Rotating electrical machines – Part 8: Terminal markings and direction of rotation*

IEC 60034-12, *Rotating electrical machines – Part 12: Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors*

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

IEC 60034-17, *Rotating electrical machines – Part 17: Guide for the application of cage induction motors when fed from converters*

IEC 60034-18 (all parts), *Rotating electrical machines – Functional evaluation of insulating systems*

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60050(411):1996, *International electrotechnical vocabulary (IEV) – Chapter 411: Rotating machines*

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60072 (all parts), *Dimensions and output series for rotating electrical machines*

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60204-11, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV*

IEC 60279, *Measurement of the winding resistance of an a.c. machine during operation at alternating voltage*

IEC 60335-1, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 60445, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules for an alphanumeric system*

IEC 60664 (all parts), *Insulation coordination*

IEC 60971, *Semiconductor convertors – Identification code for convertor connections*

E DIN IEC 60034-1 (VDE 0530-1):2008-07

IEC 61293, *Marking of electrical equipment with ratings related to electrical supply – Safety requirements*

IEC 61986, *Rotating electrical machines – Equivalent loading and super-position techniques – Indirect testing to determine temperature rise*

IEC 60085, *Electrical insulation systems – Thermal classification*

CISPR 11, *Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment*

CISPR 14, *Limits and methods of measurement radio disturbance characteristics of electro motor-operated and thermal appliances for household and similar purposes, electric tools and electric apparatus*

CISPR 16, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050 (411) und die folgenden Begriffe.

Für andere Definitionen über Kühlung und Kühlmittel als die in 3.17 bis 3.22 genannten sollte auf IEC 60034-6 Bezug genommen werden.

In dieser Norm bedeutet der Begriff „Vereinbarung“ stets „Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer“.

3.1

Bemessungsgröße

Größe, die einer Maschine grundsätzlich vom Hersteller für eine bestimmte Betriebsbedingung zugeordnet wird

[IEV 411-51-23]

ANMERKUNG Die Bemessungsspannung oder der Bemessungsspannungsbereich sind gleich der Bemessungsspannung oder dem Bemessungsspannungsbereich zwischen den Klemmen zum Anschluss des Netzes.

3.2

Bemessung

Gesamtheit der Bemessungsgrößen und Betriebsbedingungen

[IEV 411-51-24]

3.3

Bemessungsleistung

in die Bemessung eingeschlossene Leistung

3.4

Belastung

Gesamtheit der elektrischen und mechanischen Größen, die der Lastzustand einer drehenden Maschine zu einem bestimmten Zeitpunkt durch eine elektrische oder eine mechanische Belastung erfordert

[IEV 411-51-01]

3.5

Leerlauf (-betrieb)

Lauf der Maschine ohne Belastung (aber unter sonst normalen Betriebsbedingungen)

[IEV 411-51-02, modifiziert]

3.6

Volllast

Belastung, die zu einem Betrieb führt, für den die Maschine bemessen ist

[IEV 411-51-10]

3.7

Volllastwert

Zahlenwert einer Größe beim Betrieb einer Maschine mit Volllast

[IEV 411-51-11]

ANMERKUNG Diese Begriffserklärung lässt sich auf Leistung, Drehmoment, Strom, Drehzahl usw. anwenden.

3.8

spannungsloser Ruhezustand

Stillstand der Maschine ohne Zufuhr elektrischer Energie und ohne mechanischen Antrieb

[IEV 411-51-03]

3.9

Betrieb

Festlegung der Belastung der Maschine, einschließlich, soweit zutreffend, Anlauf, elektrisches Bremsen, Leerlauf und Pausen sowie deren Dauer und zeitliche Reihenfolge

[IEV 411-51-06]

3.10

Betriebsart

Dauerbetrieb, Kurzzeitbetrieb oder periodischer Betrieb, der durch eine oder mehrere Belastungen gekennzeichnet ist und während einer bestimmten Dauer unverändert bleibt, oder nicht periodischer Betrieb, bei dem sich im Allgemeinen Belastung und Drehzahl innerhalb des zulässigen Betriebsbereiches ändern

[IEV 411-51-13]

3.11

relative Einschaltdauer

Verhältnis von Betriebszeit unter Belastung, einschließlich Anlauf- und Bremszeit, zur Spieldauer, in Prozent ausgedrückt

[IEV 411-51-09]

3.12

Anzugsmoment

kleinstes gemessenes Drehmoment, das der Motor an seiner Welle über alle Winkelstellungen bei festgebremstem Läufer bei den Bemessungswerten für Spannung und Frequenz entwickelt

[IEV 411-48-06]

3.13

Anzugsstrom

größter Effektivwert des stationären Stromes, den der Motor bei festgebremstem Läufer über alle Winkelstellungen seines Läufers bei den Bemessungswerten für Spannung und Frequenz aus dem Netz aufnimmt

[IEV 411-48-16]

3.14

Sattelmoment (eines Wechselstrommotors)

kleinstes stationäres asynchrones Drehmoment, das der Motor im Drehzahlbereich zwischen Stillstand und Kippdrehzahl bei den Bemessungswerten für Spannung und Frequenz entwickelt

Diese Begriffserklärung gilt nicht für Asynchronmotoren, deren Drehmoment mit zunehmender Drehzahl stetig abnimmt.

ANMERKUNG Zusätzlich zu den stationären asynchronen Drehmomenten können synchrone Oberwellendrehmomente, die eine Funktion des Läufer-Lastwinkels sind, bei bestimmten Drehzahlen auftreten.

Bei einer solchen Drehzahl kann das Beschleunigungsmoment für bestimmte Läufer-Lastwinkel negativ sein.

Versuche und Berechnungen haben ergeben, dass dies keinen stabilen Betriebspunkt kennzeichnet, und deshalb verhindern synchrone Oberwellendrehmomente den Motor-Hochlauf nicht und werden bei dieser Begriffsbestimmung des Sattelmomentes nicht berücksichtigt.

3.15

Kippmoment (eines Wechselstrommotors)

größtes stationäres asynchrones Drehmoment, das der Motor bei den Bemessungswerten für Spannung und Frequenz ohne plötzliche Drehzahlabnahme entwickelt

Diese Begriffserklärung gilt nicht für Motoren, deren Drehmoment mit zunehmender Drehzahl stetig abnimmt.

3.16

Kippmoment (eines Synchronmotors)

größtes Drehmoment, das der Synchronmotor bei synchroner Drehzahl an den Bemessungswerten von Spannung, Frequenz und Erregerstrom entwickelt

3.17

Kühlung

Vorgang, bei dem die Wärme, die durch die Verluste in der Maschine entsteht, an ein primäres Kühlmittel abgegeben wird, das laufend ersetzt oder selbst durch ein sekundäres Kühlmittel über einen Wärmetauscher gekühlt werden kann

[IEV 411-44-01]

3.18

Kühlmittel

Medium (Flüssigkeit oder Gas), mit dessen Hilfe die Wärme abgeführt wird

[IEV 411-44-02]

3.19

primäres Kühlmittel

Medium (Flüssigkeit oder Gas), das die Wärme dadurch von einem Maschinenteil abführt, dass es sich auf einer niedrigeren Temperatur als das Maschinenteil befindet und mit diesem in Berührung steht

[IEV 411-44-03]

3.20

sekundäres Kühlmittel

Medium (Flüssigkeit oder Gas), das die Wärme vom primären Kühlmittel mittels eines Wärmetauschers oder über die äußere Oberfläche der Maschine dadurch abführt, dass es sich auf einer niedrigeren Temperatur als das primäre Kühlmittel befindet

[IEV 411-44-04]

3.21

direkt-leitergekühlte Wicklung¹⁾

Wicklung, die hauptsächlich durch ein Kühlmittel gekühlt wird, das in unmittelbarem Kontakt mit dem gekühlten Teil steht und durch beliebig gerichtete Hohlleiter, Röhren, Schlitze oder Kanäle fließt, die einen Bestandteil der Wicklung innerhalb der Hauptisolierung bilden

[IEV 411-44-08]

3.22

indirekt gekühlte Wicklung¹⁾

Wicklung, die anders als nach 3.21 gekühlt wird

[IEV 411-44-09]

3.23

zusätzliche Isolierung

unabhängige Isolierung, die zusätzlich zur Hauptisolierung vorgesehen ist, um im Falle des Versagens der Hauptisolierung den Schutz gegen gefährliche Körperströme sicherzustellen

3.24

Massenträgheitsmoment

Summe (das Integral) der Produkte aus den Massen der Einzelelemente und dem Quadrat der jeweiligen radialen Entfernung von der vorgegebenen Achse

3.25

thermischer Beharrungszustand

Zustand, bei dem sich die Übertemperaturen der verschiedenen Maschinenteile während einer Stunde um höchstens 2 K ändern

[IEV 411-51-08]

ANMERKUNG Der thermische Beharrungszustand kann aus der Erwärmungskurve als Funktion der Zeit entnommen werden, wenn Verbindungsgeraden zwischen dem Anfang und dem Ende von zwei aufeinander folgenden geeigneten Zeitabständen jeweils einen Anstieg von weniger als 2 K pro Stunde besitzen.

¹⁾ In allen Fällen, in denen „indirekt“ oder „direkt“ nicht angegeben ist, handelt es sich um eine indirekt gekühlte Wicklung.

3.26

thermische Ersatzzeitkonstante

mehrere Einzelzeitkonstanten ersetzende Zeitkonstante, die den Temperaturverlauf in einer Wicklung nach einer sprunghaften Stromänderung näherungsweise bestimmt

3.27

gekapselte Wicklung

Wicklung, die vollständig mit Gießharzisolierung umhüllt oder ausgegossen ist

[IEV 411-39-06]

3.28

Bemessungs-Gleichstromformfaktor für den Ankerkreis eines aus einem Stromrichter gespeisten Gleichstrommotors

Verhältnis des höchstzulässigen Effektivwertes $I_{\text{rms,maxN}}$ zum Mittelwert (Mittelwert integriert über eine Periode) I_{avN} des Stromes im Betrieb mit Bemessungswerten:

$$k_{\text{fN}} = \frac{I_{\text{rms,maxN}}}{I_{\text{avN}}}$$

3.29

Strom-Schwankungsfaktor

Verhältnis der Differenz zwischen dem Höchstwert I_{max} und dem Minimalwert I_{min} eines Mischstromes zum Zweifachen des Mittelwertes I_{av} (Mittelwert integriert über eine Periode):

$$q_i = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{2 \times I_{\text{av}}}$$

ANMERKUNG Für kleine Werte der Stromschwankung darf der Schwankungsfaktor durch den folgenden Ausdruck angenähert werden:

$$q_i = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}}$$

Der vorstehende Ausdruck darf als Näherung benutzt werden, wenn der sich ergebende berechnete Wert für q_i gleich 0,4 oder kleiner ist.

3.30

Toleranz

erlaubte Abweichung zwischen dem behaupteten Wert und dem Messergebnis

3.31

Typprüfung

Prüfung einer oder mehrerer Maschinen, die nach einer bestimmten Vorgabe gefertigt wurden, zum Nachweis, dass die Vorgabe bestimmten Spezifikationen entspricht

[IEV 411-53-01]

ANMERKUNG Die Typprüfung darf auch als gültig angesehen werden, wenn sie an einer Maschine durchgeführt wurde, die bezüglich der Bemessung oder anderer Eigenschaften kleinere Abweichungen aufweist. Diese Abweichungen sollten Gegenstand einer Vereinbarung sein.

3.32

Stückprüfung

Prüfung jeder einzelnen Maschine während oder nach der Herstellung zum Nachweis, dass sie bestimmte Anforderungen erfüllt

[IEV 411-53-02]

4 Betrieb

4.1 Angabe des Betriebes

Es liegt in der Verantwortung des Käufers, den Betrieb anzugeben. Der Käufer darf den Betrieb mit einer der folgenden Alternativen beschreiben:

- a) durch Zahlenwerte, wenn sich die Belastung nicht oder in bekannter Weise ändert;
- b) als Zeitfolgedarstellung der veränderlichen Größen;
- c) durch Auswahl einer der Betriebsarten S1 bis S10, die nicht weniger belastend ist als der erwartete Betrieb.

Die Betriebsart muss durch die entsprechende in 4.2 festgelegte Abkürzung gekennzeichnet werden, die hinter den Belastungswert geschrieben wird.

Ein Ausdruck für die relative Einschaltdauer ist in dem der jeweiligen Betriebsart entsprechenden Bild angegeben.

Der Käufer kann normalerweise weder Werte für das Motormassenträgheitsmoment (J_M) noch für die relative thermische Lebenserwartung (TL) vorgeben (siehe Anhang A). Diese Werte werden vom Hersteller vorgegeben.

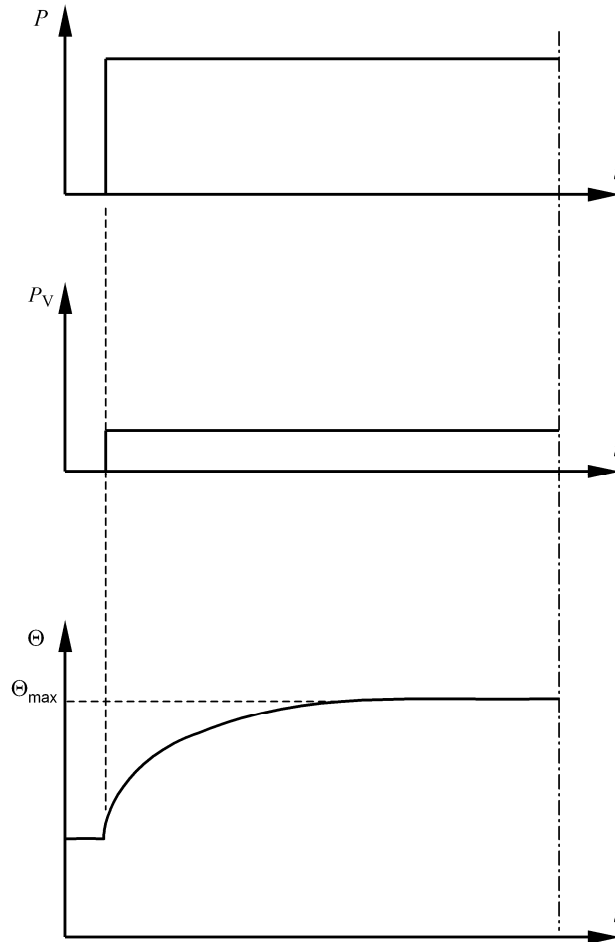
Wenn der Käufer keinen Betrieb angibt, muss der Hersteller annehmen, dass Betriebsart S1 (Dauerbetrieb) gilt.

4.2 Betriebsarten

4.2.1 Betriebsart S1 – Dauerbetrieb

Betrieb mit einer konstanten Belastung, die so lange ansteht, dass die Maschine den thermischen Beharrungszustand erreichen kann (siehe Bild 1).

Die entsprechende Abkürzung ist S1.



Legende

P	Belastung
P_V	elektrische Verluste
Θ	Temperatur
$\Theta_{\max}$	höchste Temperatur
t	Zeit

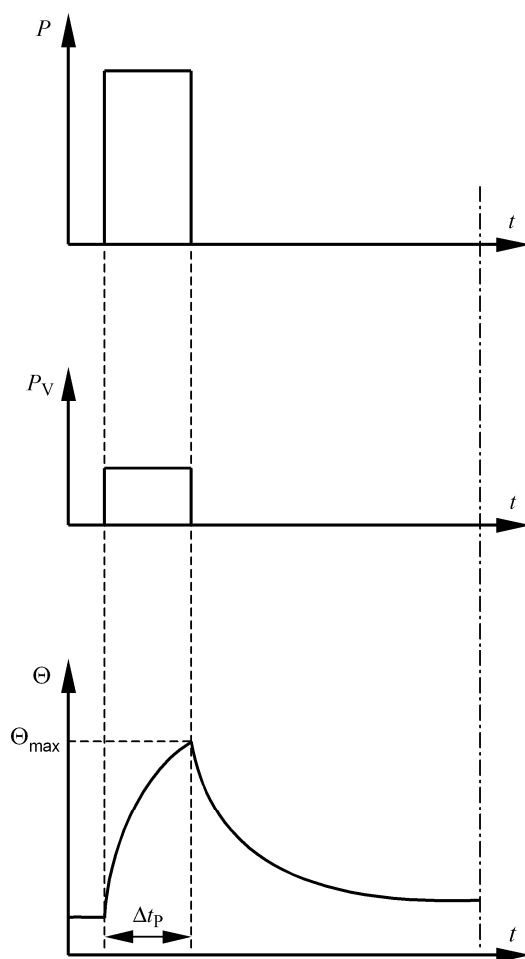
Bild 1 – Dauerbetrieb – Betriebsart S1

4.2.2 Betriebsart S2 – Kurzzeitbetrieb

Betrieb mit konstanter Belastung, dessen Dauer nicht ausreicht, den thermischen Beharrungszustand zu erreichen, und einer nachfolgenden Zeit im Stillstand mit stromlosen Wicklungen von solcher Dauer, dass die wieder abgesunkenen Maschinentemperaturen nur noch weniger als 2 K von der Temperatur des Kühlmittels abweichen (siehe Bild 2).

Die entsprechende Abkürzung ist S2, ergänzt durch eine Angabe der Betriebsdauer.

Beispiel: S2 60 min



Legende

P	Belastung
P_V	elektrische Verluste
Θ	Temperatur
$\Theta_{\max}$	höchste Temperatur
t	Zeit
Δt_P	Betriebszeit mit konstanter Belastung

Bild 2 – Kurzzeitbetrieb – Betriebsart S2

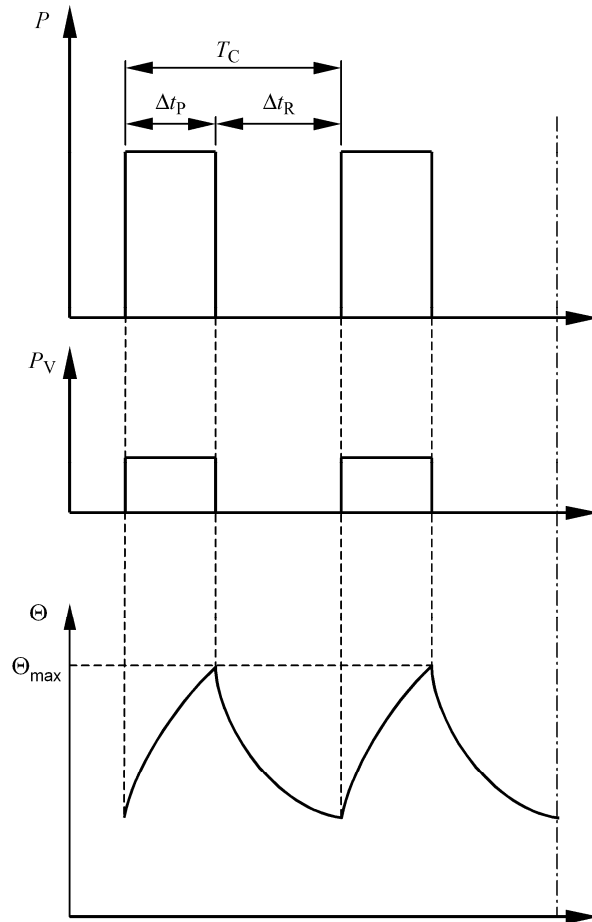
4.2.3 Betriebsart S3 – Periodischer Aussetzbetrieb²⁾

Ein Betrieb, der sich aus einer Folge identischer Spiele zusammensetzt, von denen jedes eine Betriebszeit mit konstanter Belastung und eine Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen umfasst, wobei der Anlaufstrom die Übertemperatur nicht merklich beeinflusst (siehe Bild 3).

Die entsprechende Abkürzung ist S3, ergänzt durch die relative Einschaltdauer.

Beispiel: S3 25 %

²⁾ Periodischer Betrieb bedeutet, dass während der Belastungszeit kein thermischer Beharrungszustand erreicht wird.



Legende

P	Belastung
P_V	elektrische Verluste
Θ	Temperatur
$\Theta_{\max}$	höchste Temperatur
t	Zeit
T_C	Spieldauer
Δt_P	Betriebszeit mit konstanter Belastung
Δt_R	Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen
relative Einschaltdauer = $\Delta t_P / T_C$	

Bild 3 – Periodischer Aussetzbetrieb – Betriebsart S3

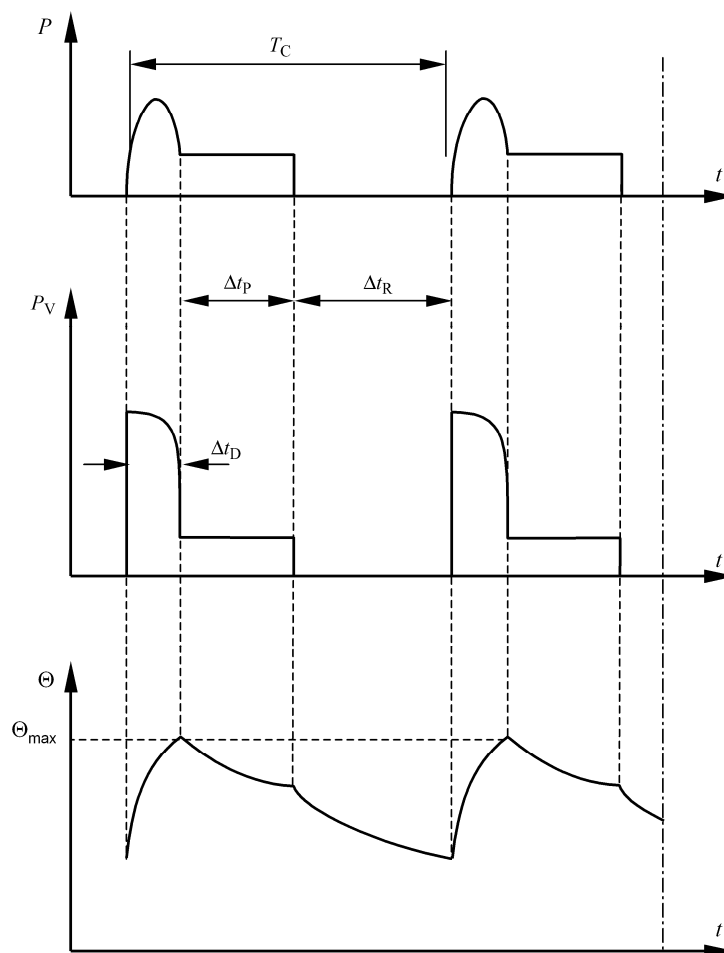
4.2.4 Betriebsart S4 – Periodischer Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufvorgangs²⁾

Ein Betrieb, der sich aus einer Folge identischer Spiele zusammensetzt, von denen jedes eine merkliche Anlaufzeit, eine Betriebszeit mit konstanter Belastung und eine Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen umfasst (siehe Bild 4).

Die entsprechende Abkürzung ist S4, ergänzt durch die relative Einschaltdauer, das Massenträgheitsmoment des Motors (J_M) und das Massenträgheitsmoment der Belastung (J_{ext}), beide auf die Motorwelle bezogen.

Beispiel: S4 25 % $J_M = 0,15 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{\text{ext}} = 0,7 \text{ kg} \times \text{m}^2$

²⁾ Periodischer Betrieb bedeutet, dass während der Belastungszeit kein thermischer Beharrungszustand erreicht wird.



Legende

P	Belastung	t	Zeit
P_V	elektrische Verluste	T_C	Spieldauer
Θ	Temperatur	Δt_D	Anlaufzeit
$\Theta_{\max}$	höchste Temperatur	Δt_P	Betriebszeit mit konstanter Belastung
		Δt_R	Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen

$$\text{relative Einschaltdauer} = (\Delta t_D + \Delta t_P) / T_C$$

Bild 4 – Periodischer Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufvorganges – Betriebsart S4

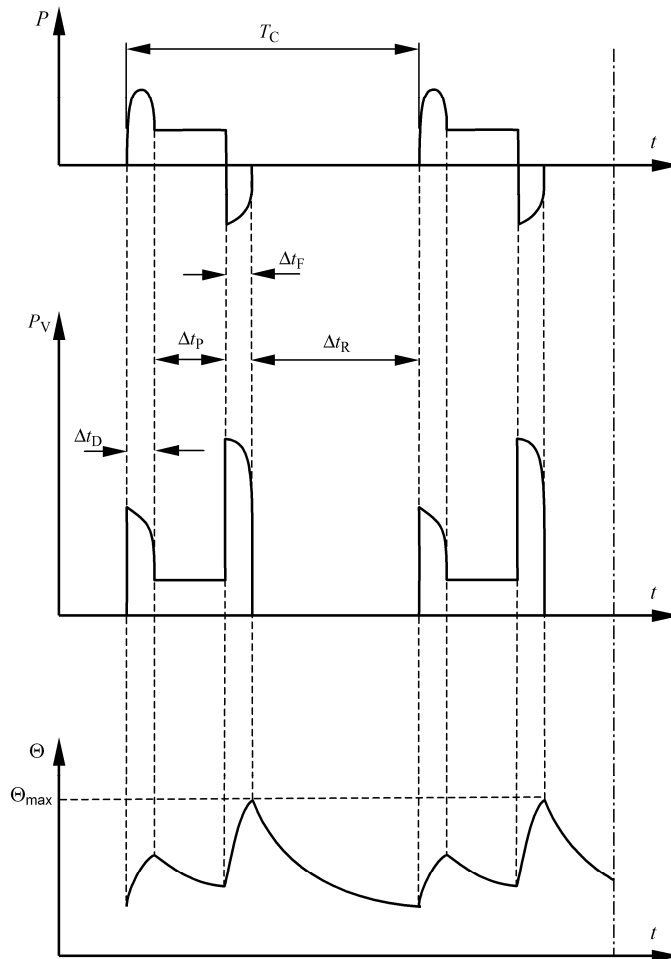
4.2.5 Betriebsart S5 – Periodischer Aussetzbetrieb mit elektrischer Bremsung²⁾

Ein Betrieb, der sich aus einer Folge identischer Spiele zusammensetzt, von denen jedes eine Anlaufzeit, eine Betriebszeit mit konstanter Belastung, eine Zeit mit elektrischer Bremsung und eine Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen umfasst (siehe Bild 5).

Die entsprechende Abkürzung ist S5, ergänzt durch die relative Einschaltdauer, das Massenträgheitsmoment des Motors (J_M) und das Massenträgheitsmoment der Belastung (J_{ext}), beide auf die Motorwelle bezogen.

Beispiel: S5 25 % $J_M = 0,15 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{\text{ext}} = 0,7 \text{ kg} \times \text{m}^2$

²⁾ Periodischer Betrieb bedeutet, dass während der Belastungszeit kein thermischer Beharrungszustand erreicht wird.



Legende

P	Belastung	T_C	Spieldauer
P_V	elektrische Verluste	Δt_D	Anlaufzeit
Θ	Temperatur	Δt_P	Betriebszeit mit konstanter Belastung
$\Theta_{\max}$	höchste Temperatur	Δt_F	Zeit mit elektrischer Bremsung
t	Zeit	Δt_R	Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen

$$\text{relative Einschaltdauer} = (\Delta t_D + \Delta t_P + \Delta t_F) / T_C$$

Bild 5 – Periodischer Aussetzbetrieb mit elektrischer Bremsung – Betriebsart S5

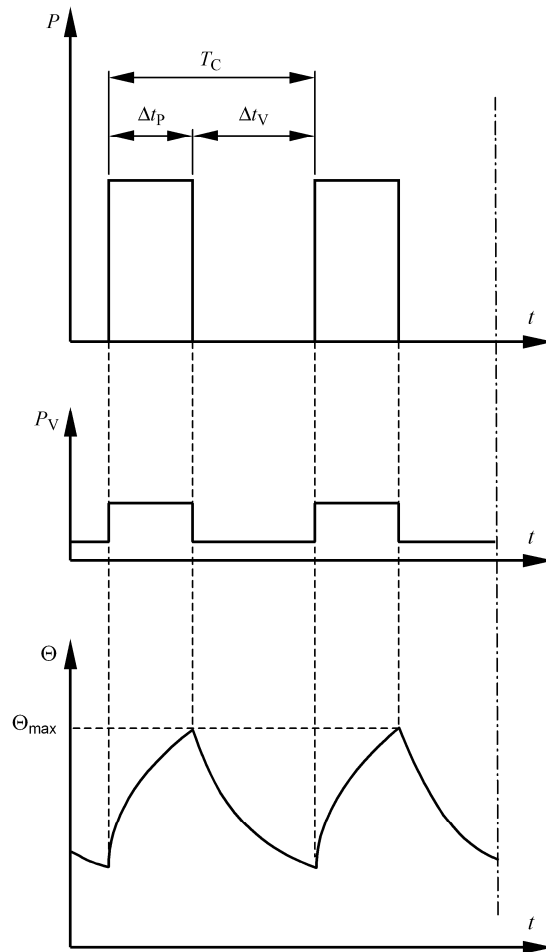
4.2.6 Betriebsart S6 – Ununterbrochener periodischer Betrieb²⁾

Ein Betrieb, der sich aus einer Folge identischer Spiele zusammensetzt, von denen jedes eine Betriebszeit mit konstanter Belastung und eine Leerlaufzeit umfasst. Es tritt keine Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen auf (siehe Bild 6).

Die entsprechende Abkürzung ist S6, ergänzt durch die relative Einschaltdauer.

Beispiel: S6 40 %

²⁾ Periodischer Betrieb bedeutet, dass während der Belastungszeit kein thermischer Beharrungszustand erreicht wird.



Legende

P	Belastung	t	Zeit
P_V	elektrische Verluste	T_C	Spieldauer
Θ	Temperatur	Δt_D	Anlaufzeit
$\Theta_{\max}$	höchste Temperatur	Δt_P	Betriebszeit mit konstanter Belastung
		Δt_V	Leerlaufzeit

relative Einschaltdauer = $\Delta t_P / T_C$

Bild 6 – Ununterbrochener periodischer Betrieb – Betriebsart S6

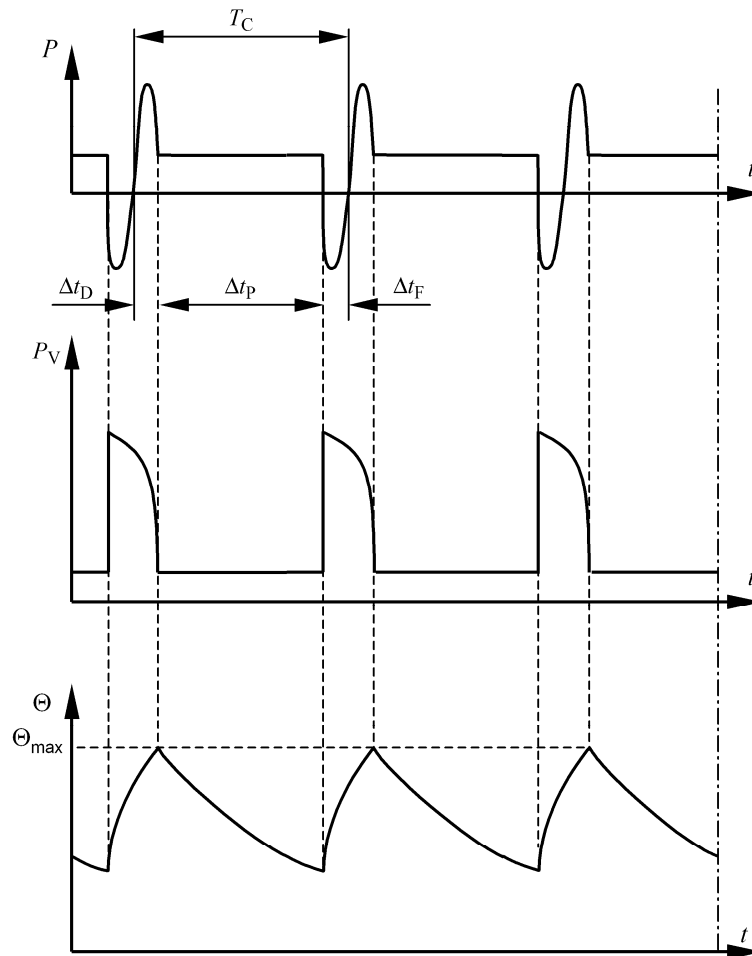
4.2.7 Betriebsart S7 – Ununterbrochener periodischer Betrieb mit elektrischer Bremsung²⁾

Ein Betrieb, der sich aus einer Folge identischer Spiele zusammensetzt, von denen jedes eine Anlaufzeit, eine Betriebszeit mit konstanter Belastung und eine Zeit mit elektrischer Bremsung umfasst. Es tritt keine Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen auf (siehe Bild 7).

Die entsprechende Abkürzung ist S7, ergänzt durch das Massenträgheitsmoment des Motors (J_M) und das Massenträgheitsmoment der Belastungsmaschine (J_{ext}), beide auf die Motorwelle bezogen.

Beispiel: S7 $J_M = 0,4 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{\text{ext}} = 7,5 \text{ kgm}^2$

²⁾ Periodischer Betrieb bedeutet, dass während der Belastungszeit kein thermischer Beharrungszustand erreicht wird.



Legende

P	Belastung	t	Zeit
P_V	elektrische Verluste	T_C	Spieldauer
Θ	Temperatur	Δt_D	Anlaufzeit
$\Theta_{\max}$	höchste Temperatur	Δt_P	Betriebszeit mit konstanter Belastung
		Δt_F	Zeit mit elektrischer Bremsung

relative Einschaltdauer = 1

Bild 7 – Ununterbrochener periodischer Betrieb mit elektrischer Bremsung – Betriebsart S7

4.2.8 Betriebsart S8 – Ununterbrochener periodischer Betrieb mit Last-/Drehzahländerungen²⁾

Ein Betrieb, der sich aus einer Folge identischer Spiele zusammensetzt; jedes dieser Spiele umfasst eine Betriebszeit mit konstanter Belastung und bestimmter Drehzahl und anschließend eine oder mehrere Betriebszeiten mit anderen konstanten Belastungen entsprechend den unterschiedlichen Drehzahlen. (Dies wird beispielsweise durch Polumschaltung von Induktionsmotoren erreicht.) Es tritt keine Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen auf (siehe Bild 8).

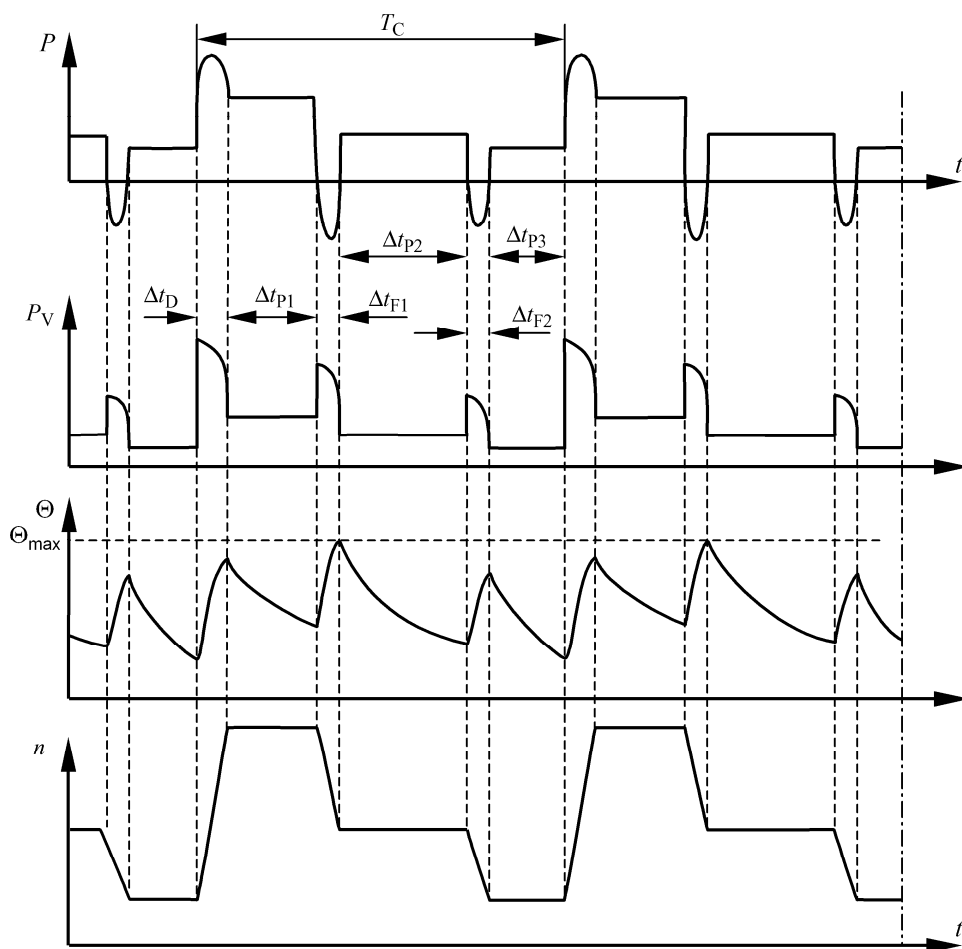
Die entsprechende Abkürzung ist S8, ergänzt durch das Massenträgheitsmoment des Motors (J_M) und das Massenträgheitsmoment der Belastung (J_{ext}), beide auf die Motorwelle bezogen, sowie die Belastung, die Drehzahl und die relative Einschaltdauer für jede infrage kommende Drehzahl.

²⁾ Periodischer Betrieb bedeutet, dass während der Belastungszeit kein thermischer Beharrungszustand erreicht wird.

— **Entwurf** —

E DIN IEC 60034-1 (VDE 0530-1):2008-07

Beispiel: S8 $J_M = 0,5 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{\text{ext}} = 6 \text{ kg} \times \text{m}^2$	16 kW	740 min ⁻¹	30 %
	40 kW	1 460 min ⁻¹	30 %
	25 kW	980 min ⁻¹	40 %



Legende

P	Belastung	t	Zeit
P_V	elektrische Verluste	T_C	Spieldauer
Θ	Temperatur	Δt_D	Anlaufzeit
$\Theta_{\max}$	höchste Temperatur	Δt_P	Betriebszeit mit konstanter Belastung (P1, P2, P3)
n	Drehzahl	Δt_F	Zeit mit elektrischer Bremsung (F1, F2)

$$\text{relative Einschaltdauer} = (\Delta t_D + \Delta t_{P1})/T_C; (\Delta t_{F1} + \Delta t_{P2})/T_C; (\Delta t_{F2} + \Delta t_{P3})/T_C$$

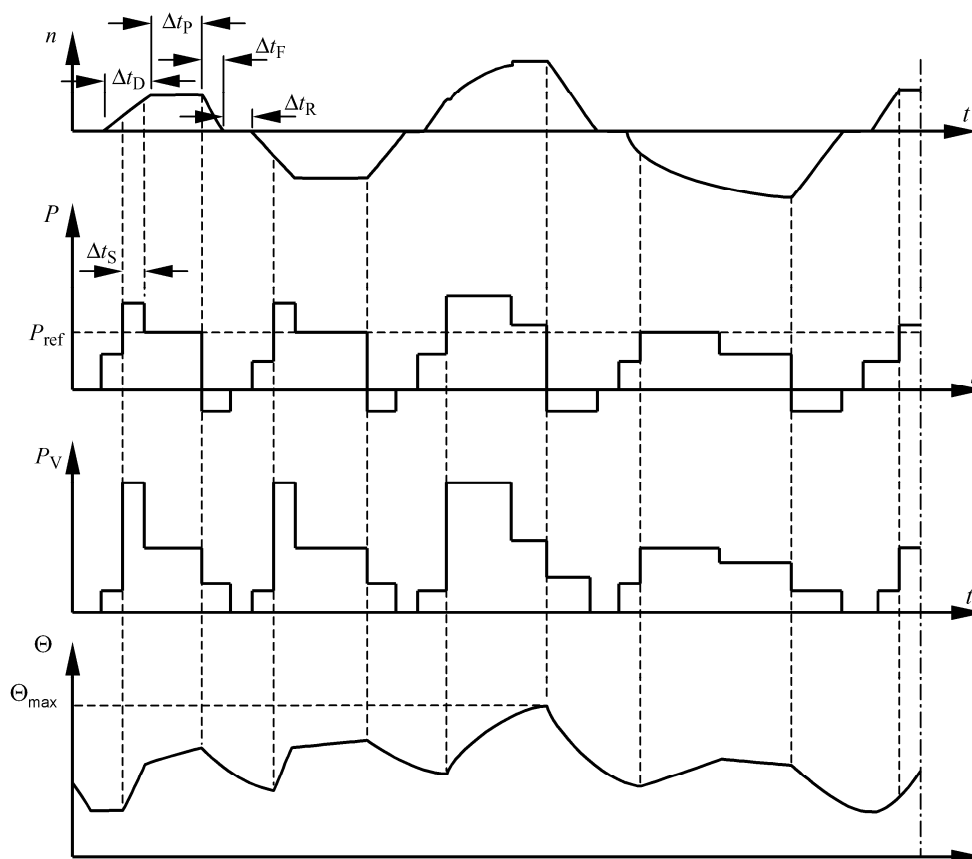
Bild 8 – Ununterbrochener periodischer Betrieb mit Last-/Drehzahländerungen – Betriebsart S8

4.2.9 Betriebsart S9 – Betrieb mit nichtperiodischen Last- und Drehzahländerungen

Ein Betrieb, bei dem sich im Allgemeinen Belastung und Drehzahl innerhalb des zulässigen Betriebsbereiches nichtperiodisch ändern. Bei diesem Betrieb treten häufig Überlastungen auf, die weit über der Referenzlast liegen dürfen (siehe Bild 9).

Die entsprechende Abkürzung ist S9.

Für diese Betriebsart wird eine konstante Belastung entsprechend Betriebsart S1 als Referenzwert („ P_{ref} “ in Bild 9) für die Überlastung passend ausgewählt.



Legende

P	Belastung	t	Zeit
P_{ref}	Referenzlast	Δt_D	Anlaufzeit
P_V	elektrische Verluste	Δt_P	Betriebszeit mit konstanter Belastung
Θ	Temperatur	Δt_F	Zeit mit elektrischer Bremsung
Θ_{max}	höchste Temperatur	Δt_R	Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen
n	Drehzahl	Δt_S	Zeit mit Überlastung

Bild 9 – Betrieb mit nichtperiodischen Last- und Drehzahländerungen – Betriebsart S9

4.2.10 Betriebsart S10 – Betrieb mit einzelnen konstanten Belastungen und Drehzahlen

Ein Betrieb, der sich aus einer begrenzten Anzahl von bestimmten Werten der Belastung (oder einer gleichwertigen Belastung) und – soweit zutreffend – der Drehzahl zusammensetzt, von denen jede Belastungs-/Drehzahl-Kombination über eine ausreichende Zeit aufrechterhalten bleibt, die der Maschine erlaubt, den thermischen Beharrungszustand zu erreichen (siehe Bild 10). Die kleinste Belastung innerhalb eines Betriebsspiels darf den Wert Null besitzen (Leerlauf oder Stillstand mit stromlosen Wicklungen).

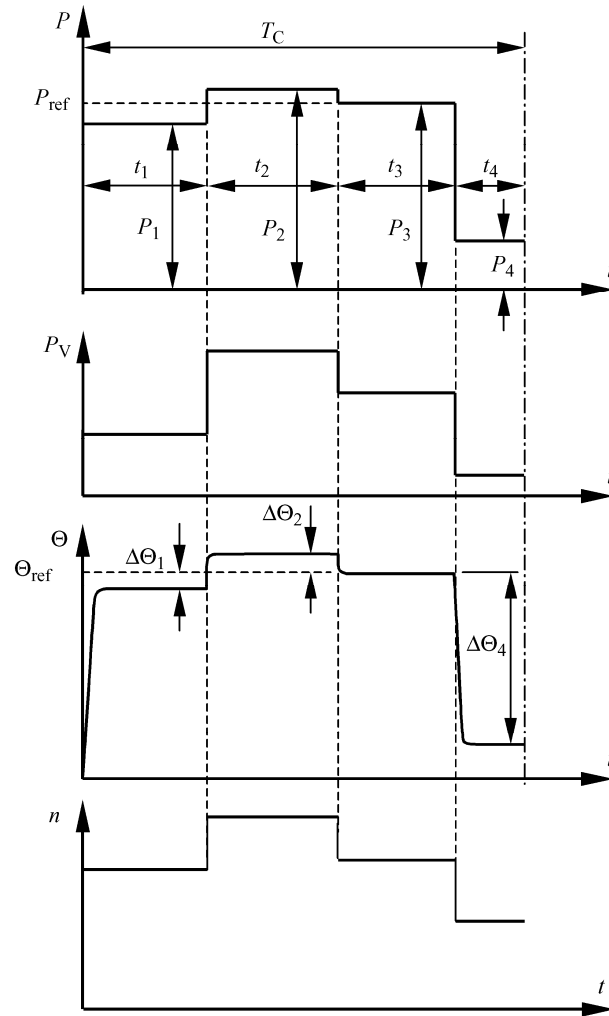
Die entsprechende Abkürzung ist S10, ergänzt durch die bezogene Größe $p/\Delta t$ für die jeweilige Belastung und ihre Einwirkdauer sowie die bezogene Größe TL für die relative thermische Lebenserwartung des Isoliersystems. Der Referenzwert für die thermische Lebenserwartung ist die thermische Lebenserwartung bei Bemessung für Dauerbetrieb und mit den zulässigen Grenzwerten der Übertemperatur entsprechend Betriebsart S1. Für eine Zeit im Stillstand mit stromlosen Wicklungen muss die Belastung durch den Buchstaben r gekennzeichnet sein.

Beispiel: S10 $p/\Delta t = 1,1/0,4, 1/0,3, 0,9/0,2, r/0,1, TL = 0,6$

Der Zahlenwert von TL sollte auf das nächste Vielfache von 0,05 gerundet werden. Hinweise zur Bedeutung dieses Parameters und zu seiner quantitativen Bestimmung werden im Anhang A gegeben.

Für diese Betriebsart muss eine konstante Belastung entsprechend Betriebsart S1 als Referenzwert („ P_{ref} “ in Bild 10) für die einzelnen Belastungen passend ausgewählt werden.

ANMERKUNG Die einzelnen Lastwerte stellen üblicherweise einen gleichwertigen Dauerbetrieb dar, welcher auf der Integration über eine bestimmte Zeitspanne basiert. Es ist nicht erforderlich, dass alle Lastspiele exakt gleich sind; allerdings muss jede Belastung innerhalb eines Spieles so lange aufrechterhalten werden, dass thermische Beharrung erreicht wird, und jedes Lastspiel muss integral auf die gleiche relative thermische Lebenserwartung führen.



Legende

P	Belastung	t	Zeit
P_i	konstante Belastung innerhalb eines Lastspiels	t_i	Zeit der Belastung innerhalb eines Spiels
P_{ref}	Referenzlast	T_C	Spieldauer
P_V	elektrische Verluste	$\Delta \Theta_i$	Differenz zwischen der Übertemperatur der Wicklung bei jeder der verschiedenen Belastungen innerhalb eines Spiels und der Übertemperatur für Betriebsart S1 bei Referenzleistung
Θ	Temperatur	n	Drehzahl
Θ_{ref}	Temperatur bei Referenzlast entsprechend Betriebsart S1		

Bild 10 – Betrieb mit einzelnen konstanten Belastungen – Betriebsart S10

5 Bemessung

5.1 Festlegung der Bemessung

Die Bemessung, wie in 3.2 definiert, muss vom Hersteller festgelegt werden. Bei der Festlegung der Bemessung muss der Hersteller eine der in 5.2.1 bis 5.2.6 definierten Bemessungsklassen auswählen. Die Kennzeichnung der Bemessungsklasse muss hinter die Bemessungsleistung geschrieben werden. Wenn keine Kennzeichnung angegeben ist, gilt Bemessung für Dauerbetrieb.

Wenn zusätzliche Komponenten (wie z. B. Drosseln, Kondensatoren usw.) vom Hersteller als Teil der Maschine verschaltet sind, müssen sich die Bemessungsgrößen auf die netzseitigen Klemmen der gesamten Anordnung beziehen.

ANMERKUNG Diese Festlegung gilt nicht für Blocktransformatoren zwischen Maschine und Netz.

Besondere Betrachtungen sind bei Maschinen erforderlich, die aus Stromrichtern gespeist werden oder in solche einspeisen. IEC 60034-17 enthält Richtlinien für Induktionsmotoren mit Käfigläufer im Geltungsbereich von IEC 60034-12.

5.2 Bemessungsklassen

5.2.1 Bemessung für Dauerbetrieb

Eine Bemessung, bei der die Maschine in Übereinstimmung mit den Festlegungen dieser Norm während einer unbegrenzten Dauer betrieben werden darf.

Diese Bemessungsklasse korrespondiert mit der Betriebsart S1 und wird wie die Betriebsart S1 gekennzeichnet.

5.2.2 Bemessung für Kurzzeitbetrieb

Eine Bemessung, bei der die Maschine in Übereinstimmung mit den Festlegungen dieser Norm während einer begrenzten Dauer, von der Umgebungstemperatur ausgehend, betrieben werden darf.

Diese Bemessungsklasse korrespondiert mit der Betriebsart S2 und wird wie die Betriebsart S2 gekennzeichnet.

5.2.3 Bemessung für periodischen Betrieb

Eine Bemessung, bei der die Maschine in Übereinstimmung mit den Festlegungen dieser Norm in Betriebspielen betrieben werden darf.

Diese Bemessungsklasse korrespondiert mit einer der periodischen Betriebsarten S3 bis S8 und wird wie die entsprechende Betriebsart gekennzeichnet.

Wenn nicht anders festgelegt, muss die Spieldauer 10 Minuten betragen und die relative Einschaltdauer einen der folgenden Werte haben:

15 %, 25 %, 40 %, 60 %.

5.2.4 Bemessung für nichtperiodischen Betrieb

Eine Bemessung, bei der die Maschine in Übereinstimmung mit den Festlegungen dieser Norm nichtperiodisch betrieben werden darf.

Diese Bemessungsklasse korrespondiert mit der nichtperiodischen Betriebsart S9 und wird wie die Betriebsart S9 gekennzeichnet.

5.2.5 Bemessung für Betrieb mit einzelnen konstanten Belastungen und Drehzahlen

Eine Bemessung, bei der die Maschine in Übereinstimmung mit den Festlegungen dieser Norm während einer unbegrenzten Dauer mit den zugehörigen Belastungen und Drehzahlen der Betriebsart S10 betrieben werden darf. Die höchste zugelassene Belastung innerhalb eines Spieles muss alle Teile der Maschine in Betracht ziehen, z. B. das Isoliersystem bezüglich der Gültigkeit des exponentiellen Gesetzes für die relative thermische Lebenserwartung, die Lager im Hinblick auf die Temperatur und andere Teile bezüglich der thermischen Längendehnung. Sofern nicht in anderen zutreffenden IEC-Normen festgelegt, darf die maximale Belastung das 1,15fache der Bemessungsleistung in Betriebsart S1 nicht überschreiten. Die kleinste Belastung darf den Wert Null besitzen, wobei die Maschine im Leerlauf oder im Stillstand mit stromlosen Wicklungen sein kann. Betrachtungen zur Anwendung dieser Bemessungsklasse sind im Anhang A zu finden.

Diese Bemessungsklasse korrespondiert mit der Betriebsart S10 und wird wie die Betriebsart S10 gekennzeichnet.

ANMERKUNG Andere zutreffende IEC-Normen können die maximale Belastung durch die Grenzwerte der Wicklungstemperatur (oder Übertemperatur) festlegen anstatt als relative Belastung bezogen auf Betriebsart S1.

5.2.6 Bemessung für gleichwertige Belastung

Eine Bemessung für Prüfzwecke, bei der die Maschine bei konstanter Belastung betrieben werden kann, bis der thermische Beharrungszustand erreicht ist, und die zu der gleichen Ständerwicklungsübertemperatur führt wie die mittlere Übertemperatur innerhalb eines Lastspiels der spezifizierten Betriebsart.

ANMERKUNG Die Festlegung einer Bemessung für gleichwertige Belastung sollte die wechselnde Belastung, Drehzahl und Kühlung innerhalb des Betriebsspiels berücksichtigen.

Wenn diese Bemessungsklasse angewendet wird, wird sie mit „equ“ gekennzeichnet.

5.3 Auswahl einer Bemessungsklasse

Eine Maschine, die für allgemeine Zwecke hergestellt ist, muss für Dauerbetrieb bemessen sein und in der Betriebsart S1 arbeiten können.

Wenn der Betrieb vom Käufer nicht festgelegt wurde, gilt Betriebsart S1 und die festgelegte Bemessung muss eine Bemessung für Dauerbetrieb sein.

Wenn eine Maschine eine Bemessung für Kurzzeitbetrieb haben soll, muss die Bemessung entsprechend der Betriebsart S2 (siehe 4.2.2) festgelegt werden.

Wenn eine Maschine für veränderliche Belastungen oder für Belastungen, die eine Zeit im Leerlauf oder eine Zeit im Stillstand mit stromlosen Wicklungen enthalten, bestimmt ist, so muss die Bemessung eine Bemessung für periodischen Betrieb sein entsprechend einer Betriebsart, die aus den Betriebsarten S3 bis S8 (siehe 4.2.3 bis 4.2.8) ausgewählt wird.

Wenn eine Maschine für nichtperiodisch veränderliche Belastungen – Überlastungen eingeschlossen – bei veränderlichen Drehzahlen bestimmt ist, so muss die Bemessung eine Bemessung für nichtperiodische Betriebsart entsprechend Betriebsart S9 (siehe 4.2.9) sein.

Wenn eine Maschine für einzelne konstante Belastungen, die eine Zeit mit Überlastung oder eine Zeit im Leerlauf (oder im Stillstand mit stromlosen Wicklungen) einschließen können, bestimmt ist, so muss die Bemessung eine Bemessung für einzelne konstante Belastungen entsprechend Betriebsart S10 (siehe 4.2.10) sein.

5.4 Zuordnung von Leistungen zur Bemessungsklasse

Bei der Bestimmung der Bemessung ist zu beachten:

Für die Betriebsarten S1 bis S8 müssen die festgelegten Werte der konstanten Belastungen die Bemessungsleistungen sein (siehe 4.2.1 bis 4.2.8).

Für die Betriebsarten S9 und S10 muss der Referenzwert der Belastung entsprechend der Betriebsart S1 als Bemessungsleistung genommen werden (siehe 4.2.9 und 4.2.10).

5.5 Bemessungsleistung

5.5.1 Gleichstromgeneratoren

Die Bemessungsleistung ist die an den Klemmen abgegebene Leistung. Sie muss in Watt (W) angegeben werden.

5.5.2 Wechselstromgeneratoren

Die Bemessungsleistung ist die an den Klemmen abgegebene elektrische Scheinleistung. Sie muss in Voltampere (VA) zusammen mit dem Leistungsfaktor angegeben werden.

Wenn vom Käufer nicht anders festgelegt, muss der Bemessungsleistungsfaktor von Synchrongeneratoren 0,8 übererregt sein.

5.5.3 Motoren

Die Bemessungsleistung ist die mechanische, an der Welle verfügbare Leistung. Sie muss in Watt (W) angegeben werden.

ANMERKUNG Zur Bezeichnung der an den Motorwellen zur Verfügung stehenden mechanischen Leistung ist es in einigen Ländern allgemeine Praxis, diese in horsepower oder PS auszudrücken (1hp = 745,7 W, 1 PS = 736 W).

5.5.4 Blindleistungsmaschinen

Die Bemessungsleistung ist die Blindleistung an den Klemmen. Sie muss sowohl im unter- als auch im übererregten Betrieb in Voltampere reaktiv (VAr) angegeben werden.

5.6 Bemessungsspannung

5.6.1 Gleichstromgeneratoren

Bei Gleichstromgeneratoren, die in einem relativ kleinen Spannungsbereich betrieben werden sollen, müssen Bemessungsleistung und Bemessungsstrom für die höchste Spannung des Bereiches gelten, sofern nicht anders festgelegt (siehe auch 7.3).

5.6.2 Wechselstromgeneratoren

Bei Wechselstromgeneratoren, die in einem relativ kleinen Spannungsbereich betrieben werden sollen, müssen Bemessungsleistung und Bemessungsleistungsfaktor für jede Spannung des Bereiches gelten, sofern nicht anders festgelegt (siehe auch 7.3).

5.7 Zuordnung von Spannungen und Leistungen

Es ist nicht praktisch, Maschinen aller Bemessungen für alle Bemessungsspannungen zu fertigen. Für Wechselstrommaschinen gelten nach Auslegungs- und Herstellungsgesichtspunkten im Allgemeinen folgende bevorzugte Bemessungsspannungen oberhalb 1 kV abhängig von der Bemessungsleistung wie in Tabelle 1.

Tabelle 1 – Bevorzugte Bemessungsspannungen

Bemessungsspannung kV	Kleinste Bemessungsleistung kW (oder kVA)
$1,0 < U_N \leq 3,0$	100
$3,0 < U_N \leq 6,0$	150
$6,0 < U_N \leq 11,0$	800
$11,0 < U_N \leq 15,0$	2500

5.8 Maschinen mit mehr als einer Bemessung

Maschinen mit mehr als einer Bemessung müssen die vorliegende Norm in jeder Beziehung bei jeder Bemessung einhalten.

Bei Motoren mit mehreren Drehzahlen muss für jede Drehzahl eine Bemessung festgelegt werden.

Wenn eine Bemessungsgröße (Leistung, Spannung, Drehzahl usw.) mehrere Werte annehmen oder zwischen zwei Grenzwerten stetig veränderlich sein darf, muss die Bemessung für diese Werte oder Grenzen festgelegt werden. Diese Festlegung gilt nicht für die in 7.3 definierten Spannungs- und Frequenzschwankungen während des Betriebes oder für Sternschaltung bei Stern/Dreieck-Anlauf.

6 Betriebsbedingungen am Aufstellungsort

6.1 Allgemeines

Soweit nichts anderes festgelegt ist, müssen die Maschinen für die nachfolgenden Betriebsbedingungen am Aufstellungsort geeignet sein. Für Betriebsbedingungen, die von diesen Werten abweichen, sind Umrechnungsverfahren im Hauptabschnitt 8 angegeben.

6.2 Aufstellungshöhe

Die Aufstellungshöhe darf 1 000 m über NN nicht überschreiten.

6.3 Höchste Umgebungstemperatur der Luft

Die Umgebungstemperatur der Luft darf 40 °C nicht überschreiten.

6.4 Mindest-Umgebungstemperatur der Luft

Die Umgebungstemperatur der Luft darf für alle Maschinen nicht niedriger als –15 °C sein.

Für Maschinen mit einem der folgenden Merkmale darf die Umgebungstemperatur der Luft nicht niedriger als 0 °C sein:

- a) Bemessungsleistung größer als 3 300 kW (oder kVA) je 1 000 min⁻¹;
- b) Bemessungsleistung kleiner als 600 W (oder VA);
- c) Kommutator;
- d) Gleitlager;
- e) Wasser als primäres oder sekundäres Kühlmittel.

6.5 Kühlwassertemperatur

Für die Referenz-Kühlwassertemperatur gilt Tabelle 4. Für andere Kühlwassertemperaturen siehe Tabelle 9. Die Kühlwassertemperatur darf nicht niedriger als +5 °C sein.

6.6 Lagerung und Transport

Wenn während des Transportes, der Lagerung oder nach der Installation Temperaturen zu erwarten sind, die unterhalb der in 6.4 festgelegten liegen, muss der Käufer den Hersteller informieren und die zu erwartende niedrigste Temperatur festlegen.

6.7 Reinheit von Wasserstoff als Kühlmittel

Wasserstoffgekühlte Maschinen müssen unter Bemessungsbedingungen mit Bemessungsleistung betrieben werden können, wenn das Kühlmittel mindestens eine Volumenkonzentration von 95 % Wasserstoff enthält.

ANMERKUNG Aus Sicherheitsgründen sollte der Wasserstoffgehalt stets 90 % oder mehr betragen, wobei angenommen wird, dass der Rest des Kühlgases Luft ist.

Zur Berechnung des Wirkungsgrads ist in Übereinstimmung mit IEC 60034-2, soweit nicht andere Vereinbarungen getroffen werden, als Standardmischung des Gases eine Volumenkonzentration von 98 % Wasserstoff und 2 % Luft bei den festgelegten Werten von Druck und Temperatur des rückgekühlten Gases anzunehmen. Die Gasreibungsverluste müssen bei der entsprechenden Dichte errechnet werden.

7 Elektrische Betriebsbedingungen

7.1 Stromversorgung

Für dreiphasige Wechselstrommaschinen, 50 Hz oder 60 Hz, die zum direkten Anschluss an ein Verteilungs- oder Verbrauchsnetz vorgesehen sind, müssen die Bemessungsspannungen von den in IEC 60038 angegebenen Nennspannungen abgeleitet werden.

ANMERKUNG Bei großen Hochspannungsmaschinen dürfen die Spannungen nach dem günstigsten Betriebsverhalten gewählt werden.

Diese Einschränkungen bezüglich Spannung, Frequenz und Kurvenform gelten nicht für Wechselstrommotoren bei Speisung aus Stromrichtern. In diesem Fall müssen die Bemessungsspannungen aufgrund einer Übereinkunft ausgewählt werden.

7.2 Kurvenform und Symmetrie von Spannungen und Strömen

7.2.1 Wechselstrommotoren

7.2.1.1 Wechselstrommotoren, die bemessen sind für den Einsatz an einer Versorgung mit fester Frequenz gespeist aus einem Wechselstromgenerator (entweder unmittelbar oder über ein Versorgungsnetz), müssen für den Betrieb mit einer Versorgungsspannung geeignet sein, die einen Spannungs-Oberschwingungsfaktor (*HVF*) von höchstens

- 0,02 für Einphasenmotoren und Dreiphasenmotoren einschließlich Synchronmotoren, aber ausschließlich Motoren der Ausführung N (siehe IEC 60034-12), falls vom Hersteller nicht anders angegeben,
- 0,03 für Motoren der Ausführung N

besitzt.

Der Spannungs-Oberschwingungsfaktor muss nach der folgenden Beziehung berechnet werden:

$$HVF = \sqrt{\sum_{n=2}^k \frac{u_n^2}{n}}$$

Dabei ist

u_n auf die Bemessungsspannung U_N bezogene Oberschwingungsspannung

n Ordnungszahl der Oberschwingung (bei Dreiphasenmotoren nicht durch drei teilbar)

$k = 13$

Dreiphasenmotoren müssen für den Betrieb an einem Dreiphasen-Spannungssystem geeignet sein, dessen Gegenkomponente 1 % der Mitkomponente dauernd oder 1,5 % für eine kurze, im Bereich weniger Minuten liegende Zeit nicht überschreitet und dessen Nullkomponente nicht mehr als 1 % der Mitkomponente beträgt.

Wenn die Grenzwerte des Spannungs-Oberschwingungsfaktors und der Gegen- und Nullkomponente bei Betrieb mit Bemessungsleistung gleichzeitig auftreten, so darf dies nicht zu einer unzulässigen Temperatur im Motor führen. Die sich dabei einstellenden höchsten Übertemperaturen sollten die in dieser Norm festgelegten Grenzwerte um nicht mehr als etwa 10 K überschreiten.

ANMERKUNG In der Nähe großer einphasiger Belastungen (z. B. Induktionsöfen) und in ländlichen Gebieten, insbesondere bei gemischten Industrie- und Wohngebieten, können Versorgungsnetze über die angegebenen Grenzwerte hinaus verzerrt sein. In solchen Fällen sind besondere Vereinbarungen notwendig.

7.2.1.2 Wechselstrommotoren müssen bei Speisung aus Stromrichtern einen höheren Oberschwingungsgehalt der Versorgungsspannung aushalten können (vergleiche IEC 60034-17 im Falle von Käfigläufern innerhalb des Anwendungsbereiches von IEC 60034-12).

ANMERKUNG Falls die Versorgungsspannung deutlich von der Sinusform abweicht, z. B. bei Stromrichtern, sind sowohl der Effektivwert der Gesamtspannung als auch der Effektivwert der Spannungs-Grundschiwingung für die Festlegung des Betriebsverhaltens einer Wechselstrommaschine maßgebend.

7.2.2 Wechselstromgeneratoren

Dreiphasige Wechselstromgeneratoren müssen geeignet sein für die Speisung von Stromkreisen, die, wenn sie aus einem System symmetrischer und sinusförmiger Spannungen gespeist werden:

- a) Ströme hervorrufen, die den Strom-Oberschwingungsfaktor (*HCF*) 0,05 nicht überschreiten und
- b) ein Stromsystem hervorrufen, in dem weder die Gegen- noch die Nullkomponente 5 % der Mitkomponente überschreitet.

Der *HCF* muss nach der folgenden Beziehung berechnet werden:

$$HCF = \sqrt{\sum_{n=2}^k i_n^2}$$

Dabei ist

i_n auf den Bemessungsstrom I_N bezogener Oberschwingungsstrom I_n

n Ordnungszahl der Oberschwingung

$k = 13$

Wenn die Grenzwerte der Verzerrung und der Unsymmetrie bei Betrieb mit Bemessungsleistung gleichzeitig auftreten, so darf dies nicht zu einer schädlichen thermischen Beanspruchung des Generators führen. Die sich dabei einstellenden Übertemperaturen oder Temperaturen sollten die in dieser Norm festgelegten Grenzwerte um nicht mehr als etwa 10 K überschreiten.

7.2.3 Synchronmaschinen

Wenn nicht anders festgelegt, müssen Dreiphasen-Synchronmaschinen im Dauerbetrieb an einem unsymmetrischen Netz arbeiten können, wenn keiner der Ströme den Bemessungsstrom überschreitet und das Verhältnis der Gegenkomponente (I_2) des Stroms zum Bemessungsstrom (I_N) die in Tabelle 1 angegebenen Werte nicht übersteigt. Im Fehlerfall müssen sie arbeiten können, wenn das Produkt aus $(I_2/I_N)^2$ und Zeit (t) die in Tabelle 1 angegebenen Werte nicht überschreitet.

Tabelle 2 – Schiefast-Betriebsbedingungen für Synchronmaschinen

Nr.	Maschinenart	Höchstwert I_2/I_N für Dauerbetrieb	Höchstwert $(I_2/I_N)^2 \times t$ in Sekunden für Betrieb im Fehlerfall
Schenkelpolmaschinen			
1	Indirekt gekühlte Wicklungen		
	Motoren	0,1	20
	Generatoren	0,08	20
	Synchron-Blindleistungsmaschinen	0,1	20
2	Direkt-leitergekühlte Ständer- und/oder Läuferwicklungen		
	Motoren	0,08	15
	Generatoren	0,05	15
	Synchron-Blindleistungsmaschinen	0,08	15
Vollpol-Synchronmaschinen			
3	Indirekt gekühlte Läuferwicklungen		
	luftgekühlt	0,1	15
	wasserstoffgekühlt	0,1	10

Nr.	Maschinenart	Höchstwert I_2/I_N für Dauerbetrieb	Höchstwert $(I_2/I_N)^2 \times t$ in Sekunden für Betrieb im Fehlerfall
4	Direkt-leitergekühlte Läuferwicklungen		
	≤ 350 MVA	0,08	8
	$> 350 \leq 900$ MVA	siehe Anmerkung 1	siehe Anmerkung 2
	$> 900 \leq 1\,250$ MVA	siehe Anmerkung 1	5
	$> 1\,250 \leq 1\,600$ MVA	0,05	5
ANMERKUNG 1 Für diese Maschinen errechnet sich der Wert von I_2/I_N wie folgt: $\frac{I_2}{I_N} = 0,08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$ ANMERKUNG 2 Für diese Maschinen errechnet sich der Wert von $(I_2/I_N)^2 \times t$ in Sekunden wie folgt: $(I_2/I_N)^2 \times t = 8 - 0,00545 (S_N - 350)$ In beiden Anmerkungen ist S_N die Bemessungs-Scheinleistung in MVA.			

7.2.4 Gleichstrommotoren, die von Stromrichtern gespeist werden

Bei von Stromrichtern gespeisten Gleichstrommotoren wird das Betriebsverhalten der Maschine durch die Wechselanteile in Spannung und Strom beeinträchtigt. Verluste und Übertemperatur nehmen zu, und die Kommutierung gestaltet sich im Vergleich zu einem von einer reinen Gleichspannungsquelle gespeisten Gleichstrommotor schwieriger.

Motoren mit Bemessungsleistungen über 5 kW, die zur Speisung aus einem Stromrichter vorgesehen sind, müssen deshalb für den Betrieb an einer spezifizierten Versorgungseinheit und, sofern der Motorenhersteller dies für erforderlich hält, für eine äußere Glättungsdrossel zur Reduktion der Welligkeit ausgelegt werden.

Die Speisung aus einem Stromrichter muss wie folgt durch ein Kurzzeichen gekennzeichnet werden:

$$[CCC - U_{aN} - f - L]$$

Dabei ist

CCC das Kennzeichen der Stromrichterschaltung entsprechend IEC 60971

U_{aN} drei oder vier Ziffern, die die Bemessungs-Wechselspannung in V an den Eingangsklemmen des Stromrichters bezeichnen

f zwei Ziffern, die die Bemessungs-Eingangsfrequenz in Hz kennzeichnen

L eine, zwei oder drei Ziffern, die die zum Ankerkreis des Motors in Reihe zu schaltende Induktivität in mH kennzeichnen. Falls diese Null ist, entfällt die Angabe

Motoren mit Bemessungsleistungen bis einschließlich 5 kW dürfen statt für den Betrieb mit einem speziellen Typ eines Stromrichters für den Betrieb mit einem beliebigen Stromrichter, mit oder ohne äußere Glättungsdrossel, ausgelegt werden, vorausgesetzt, dass der Bemessungs-Gleichstromformfaktor, für den der Motor ausgelegt ist, nicht überschritten wird und dass das Isolationsniveau des Motorankerkreises der Bemessungs-Wechselspannung an den Eingangsklemmen des Stromrichters angepasst ist.

In allen Fällen wird die Welligkeit des Stroms am Gleichrichterausgang als so klein angenommen, dass der Strom-Schwankungsfaktor im Bemessungsbetrieb nicht höher als 0,1 ist.

7.3 Spannungs- und Frequenzschwankungen während des Betriebes

Für Wechselstrommaschinen, die bemessen sind für den Einsatz an einer Versorgung mit fester Frequenz, gespeist aus einem Wechselstromgenerator (entweder unmittelbar oder über ein Versorgungsnetz), sind die Kombinationen von Spannungs- und Frequenzschwankungen durch die Bereiche A oder B für Generatoren und Synchron-Blindleistungsmaschinen im Bild 11 und für Motoren im Bild 12 gekennzeichnet.

Für Gleichstrommaschinen, die unmittelbar aus einem üblicherweise starren Gleichspannungsnetz gespeist werden, beziehen sich die Bereiche A und B nur auf die Spannungen.

Eine Maschine muss innerhalb des Bereichs A im Dauerbetrieb die Kenngröße ihrer Funktionstüchtigkeit entsprechend Tabelle 3 erfüllen, braucht dabei aber in ihrem Verhalten nicht vollständig jenem im Betrieb bei Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz zu entsprechen (siehe Bemessungspunkt in den Bildern 11 und 12), sondern darf einige Abweichungen hiervon aufweisen. Die Übertemperaturen dürfen höher sein als bei den Bemessungswerten für Spannung und Frequenz.

Eine Maschine muss innerhalb des Bereiches B die Kenngröße ihrer Funktionstüchtigkeit erfüllen, darf aber größere Abweichungen in ihrem Verhalten gegenüber dem Betrieb mit Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz aufweisen als im Bereich A. Die Übertemperaturen dürfen höher sein als bei Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz und werden meist höher sein als diejenigen im Bereich A. Ein Betrieb über längere Zeit an der Umgrenzung des Bereiches B wird nicht empfohlen.

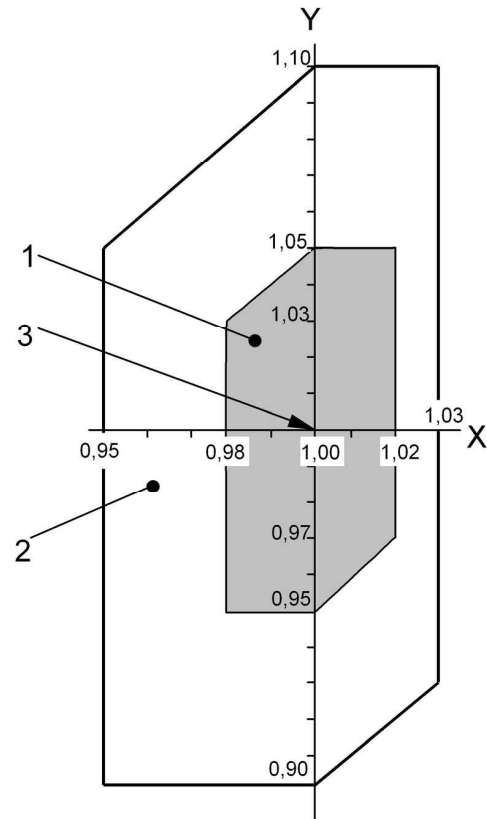
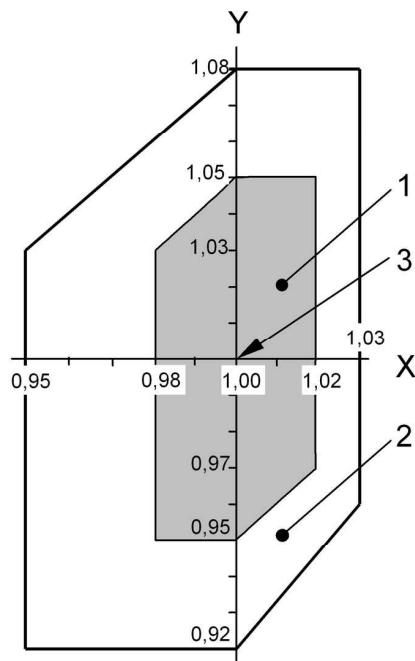
ANMERKUNG 1 Bei praktischen Anwendungen und unter Betriebsbedingungen der Praxis wird eine Maschine manchmal außerhalb der Umgrenzung des Bereiches A betrieben werden müssen. Derartige Ausnahmen sollten hinsichtlich der dabei vorkommenden Werte sowie der Dauer und der Häufigkeit ihres Auftretens begrenzt werden. Falls möglich, sollten korrigierende Maßnahmen, z. B. eine Verkleinerung der Leistung, innerhalb einer angemessenen Zeit ergriffen werden. Auf diese Weise kann eine Verringerung der Lebensdauer der Maschine durch thermische Alterung vermieden werden.

ANMERKUNG 2 Die in dieser Norm angegebenen Grenzwerte für die Übertemperaturen oder Temperaturen beziehen sich auf den Bemessungsbetrieb und dürfen zunehmend überschritten werden, wenn der Betriebszustand sich vom Bemessungsbetrieb entfernt. Bei einem Betrieb an der äußeren Umgrenzung des Bereiches A überschreiten die Übertemperaturen und Temperaturen die in dieser Norm festgelegten Grenzwerte typischerweise um etwa 10 K.

ANMERKUNG 3 Ein Wechselstrommotor wird an der unteren Spannungsgrenze nur dann anlaufen, wenn sein Anzugsmoment dem Gegenmoment der Last angepasst ist, doch ist dies keine Forderung dieses Abschnitts. Bezüglich des Anlaufverhaltens von Motoren der Ausführung N vergleiche IEC 60034-12.

Tabelle 3 – Kenngrößen der Funktionstüchtigkeit von Maschinen

Nr.	Maschinenart	Kenngröße der Funktionstüchtigkeit
1	Wechselstromgenerator, ausgenommen Nr. 5	Bemessungsscheinleistung (kVA) bei Bemessungsleistungsfaktor, falls dieser unabhängig einstellbar ist
2	Wechselstrommotor, ausgenommen Nr. 3 und 5	Bemessungsdrehmoment (Nm)
3	Synchronmotor, ausgenommen Nr. 5	Bemessungsdrehmoment (Nm), wobei die Erregung entweder auf den Bemessungserregerstrom oder auf den Bemessungsleistungsfaktor eingestellt ist, sofern dieser unabhängig einstellbar ist
4	Synchron-Blindleistungsmaschine, ausgenommen Nr. 5	Bemessungsscheinleistung (kVA) innerhalb des einem Generator zugeordneten Bereiches (siehe Bild 11), sofern nicht anders vereinbart
5	Turbomaschine mit einer Bemessungsleistung ≥ 10 MVA	Siehe IEC 60034-3
6	Gleichstromgenerator	Bemessungsleistung (kW)
7	Gleichstrommotor	Bemessungsdrehmoment (Nm), bei einem Nebenschlussmotor unter Aufrechterhaltung der Bemessungsdrehzahl durch entsprechende Erregung, sofern diese unabhängig einstellbar ist



Legende

X-Achse Vielfaches der Bemessungsfrequenz
Y-Achse Vielfaches der Bemessungsspannung

- 1 Bereich A
- 2 Bereich B (außerhalb des Bereichs A)
- 3 Bemessungspunkt

Bild 11 – Spannungs- und Frequenzgrenzen für Generatoren

Bild 12 – Spannungs- und Frequenzgrenzen für Motoren

7.4 Dreiphasen-Wechselstrommaschinen bei Betrieb an einem Netz mit nicht geerdetem Sternpunkt

Dreiphasen-Wechselstrommaschinen müssen für Dauerbetrieb mit auf oder nahe dem Erdpotential liegenden Sternpunkt geeignet sein. Sie müssen außerdem für den Betrieb an Netzen mit nicht geerdetem Sternpunkt geeignet sein, bei denen eine Leitung während selten auftretender Zeitabschnitte von kurzer Dauer, wie sie z. B. benötigt werden, um einen Fehler fortzuschalten, auf Erdpotential liegt. Wenn vorgesehen ist, die Maschine dauernd oder während längerer Zeitabschnitte unter dieser Bedingung zu betreiben, so ist eine Maschine mit einem für diese Bedingung geeigneten Isolationspegel erforderlich.

Falls die Wicklung nicht mit der gleichen Isolierung am Netz und am sternpunktnahen Ende ausgeführt ist, so muss dies vom Hersteller angegeben werden.

ANMERKUNG Die Erdung oder Verbindung der Sternpunkte von Maschinen sollte mit Rücksicht auf die Gefahr von Strömen des Nullsystems jedweder Frequenz unter bestimmten Betriebsbedingungen und wegen des Risikos von mechanischer Beschädigung der Wicklungen bei einpoligen Kurzschlüssen niemals vorgenommen werden, ohne den Maschinenhersteller zu konsultieren.

7.5 Stehwerte für Scheitelwert und Anstiegsgeschwindigkeit der Spannung

Für Wechselstrommotoren muss der Hersteller Grenzwerte für den Scheitelwert und die Anstiegsgeschwindigkeit der Spannung im Dauerbetrieb angeben.

E DIN IEC 60034-1 (VDE 0530-1):2008-07

Für Induktionsmotoren mit Käfigläufer innerhalb des Anwendungsbereiches von IEC 60034-12 vergleiche auch IEC 60034-17.

Für Hochspannungs-Wechselstrommotoren siehe auch IEC 60034-15.

8 Thermisches Verhalten und Prüfungen

8.1 Wärmeklasse

Den in den Maschinen eingesetzten Isoliersystemen muss eine Wärmeklasse nach IEC 62114 zugewiesen werden.

Es liegt in der Verantwortung des Maschinenherstellers, die Ergebnisse von thermischen Alterungsversuchen in Übereinstimmung mit dem zutreffenden Teil von IEC 60034-18 zu beurteilen.

ANMERKUNG 1 Die Wärmeklasse eines neuen Isoliersystems sollte nicht als unmittelbar verknüpft mit den thermischen Eigenschaften der einzelnen Werkstoffe, aus denen sich das System zusammensetzt, angenommen werden.

ANMERKUNG 2 Der weitere Gebrauch eines bestehenden Isoliersystems ist zulässig, falls dieses sich im praktischen Einsatz bewährt hat.

8.2 Referenz-Kühlmittel

Für eine gegebene Kühlmethode einer Maschine ist das Referenz-Kühlmittel in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4 – Referenz-Kühlmittel (siehe auch Tabelle 10)

Nr.	Primär-kühlmittel	Kühl-verfahren	Sekundär-kühlmittel	Tabelle Nr.	Tabelle nach Spalte 5 definiert Grenzwerte für:	Referenz-Kühlmittel
1	Luft	indirekt	keines	7	Übertemperatur	Umgebungsluft
2	Luft	indirekt	Luft	7		Referenztemperatur: 40 °C
3	Luft	indirekt	Wasser	7		Kühlmittel am Eintritt in die Maschine oder umgebendes Wasser
4	Wasserstoff	indirekt	Wasser	8		Referenztemperatur des Gases am Eintritt in die Maschine: 40 °C Referenztemperatur des umgebenden Wassers: 25 °C (siehe Anmerkung)
5	Luft	direkt	keines	12	Temperatur	Umgebungsluft
6	Luft	direkt	Luft	12		Referenztemperatur: 40 °C
7	Luft	direkt	Wasser	12		Gas am Eintritt in die Maschine oder Flüssigkeit am Eintritt in die Wicklung
8	Wasserstoff oder Flüssigkeit	direkt	Wasser	12		Referenztemperatur: 40 °C
ANMERKUNG Bei Maschinen mit indirekt gekühlten Wicklungen und wassergekühltem Wärmetauscher darf entweder das Primärkühlmittel oder das Sekundärkühlmittel als Referenz-Kühlmittel benutzt werden (siehe auch 10.2 wegen der Informationen, die auf dem Leistungsschild anzugeben sind). Bei überflutbaren Maschinen mit Oberflächenkühlung oder wassermantelgekühlten Maschinen sollte das Sekundärkühlmittel als Referenz-Kühlmittel benutzt werden.						

Wenn ein drittes Kühlmittel benutzt wird, muss die Übertemperatur über der Temperatur des Primär- oder des Sekundärkühlmittels, wie in Tabelle 4 angegeben, gemessen werden.

ANMERKUNG Eine Maschine kann so ausgeführt und gekühlt sein, dass mehr als eine der Nummern der Tabelle 4 zutreffen. In diesem Fall gelten verschiedene Referenz-Kühlmittel für verschiedene Wicklungen.

8.3 Bedingungen für Erwärmungsprüfungen

8.3.1 Elektrische Versorgung

Bei Erwärmungsprüfungen an einem Wechselstrommotor darf der HVF der Spannungsversorgung den Wert 0,015 nicht überschreiten und die Gegenkomponente des Spannungssystems muss weniger als 0,5 % der Mitkomponente betragen. Die Einwirkung einer Nullkomponente ist auszuschließen.

Anstelle der Gegenkomponenten des Spannungssystems darf die des Stromsystems gemessen werden, wenn dies vereinbart wurde. Die Gegenkomponente des Stromsystems darf 2,5 % der Mitkomponente nicht überschreiten.

8.3.2 Maschinentemperatur vor Beginn der Prüfung

Wird die Temperatur einer Wicklung aus der Widerstandszunahme ermittelt, so darf sich die Anfangstemperatur der Wicklung um nicht mehr als 2 K von der Kühlmitteltemperatur unterscheiden.

Wenn eine Maschine für Kurzzeitbemessung (Betriebsart S2) zu prüfen ist, darf ihre Temperatur bei Beginn der Erwärmungsprüfung um nicht mehr als 5 K von der Temperatur des Kühlmittels abweichen.

8.3.3 Kühlmitteltemperatur

Die Maschine darf bei irgendeiner geeigneten Kühlmitteltemperatur geprüft werden. Siehe Tabelle 11 (für indirekt gekühlte Wicklungen) oder Tabelle 14 (für direkt gekühlte Wicklungen).

8.3.4 Messung der Kühlmitteltemperatur während der Prüfung

Als Kühlmitteltemperatur während der Prüfung muss der Mittelwert der Temperaturfühlerablesungen genommen werden, die in gleichen Zeitabständen während des letzten Viertels der Prüfdauer gemacht wurden. Um Fehler zu verringern, die sich daraus ergeben, dass die Temperatur von großen Maschinen den Schwankungen der Kühlmitteltemperatur mit zeitlicher Verzögerung folgt, müssen alle vertretbaren Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um diese Schwankungen so klein wie möglich zu halten.

8.3.4.1 Offene oder geschlossene Maschinen ohne Wärmetauscher (Kühlung durch Umgebungsluft oder ein umgebendes Gas)

Die Temperatur der Umgebungsluft oder des Gases ist mit mehreren Messfühlern zu messen, die an verschiedenen Stellen in halber Maschinenhöhe in einer Entfernung von 1 m bis 2 m um die Maschine herum angebracht und gegen Wärmeeinstrahlung und Zugluft geschützt sind.

8.3.4.2 Luft- oder gasgekühlte Maschinen mit entfernter, über Belüftungskanäle angeschlossene Kühlmittelversorgung und Maschinen mit getrennt aufgestellten Wärmetauschern

Die Temperatur des primären Kühlmittels ist beim Eintritt in die Maschine zu messen.

8.3.4.3 Geschlossene Maschinen mit auf- oder eingebauten Wärmetauschern

Die Temperatur des primären Kühlmittels ist beim Eintritt in die Maschine zu messen. Die Temperatur des sekundären Kühlmittels ist beim Eintritt in den Kühler zu messen.

8.4 Übertemperatur eines Maschinenteils

Die Übertemperatur $\Delta\theta$ eines Maschinenteils ist der Unterschied zwischen der nach einem geeigneten Verfahren nach 8.5 gemessenen Temperatur dieses Teils und der nach 8.3.4 gemessenen Temperatur des Kühlmittels.

Für den Vergleich mit den Grenzwerten der Übertemperatur (Tabelle 7 oder 8) oder der Temperatur (Tabelle 12) muss, wenn möglich, die Temperatur unmittelbar vor dem Abschalten der Maschine am Ende der Erwärmungsprüfung, wie in 8.7 definiert, gemessen werden.

Falls dies nicht möglich ist, z. B. bei Anwendung der direkten Messung der Widerstandsmethode, siehe 8.6.2.3.

Bei einer Maschine, die für einen jeweiligen periodischen Betrieb geprüft wird (Betriebsart S3 bis S8), muss als Temperatur am Ende der Erwärmungsprüfung diejenige genommen werden, die beim letzten Lastspiel in der Mitte des Zeitabschnittes die größte Erwärmung verursacht hat (siehe jedoch auch 8.7.3).

8.5 Temperatur-Messverfahren

8.5.1 Allgemeines

Zur Ermittlung der Temperatur von Wicklungen und anderen Maschinenteilen sind 3 Verfahren vorgesehen:

- Widerstandsverfahren;
- Verfahren mit eingebauten Temperaturfühlern (ETF);
- Thermometerverfahren.

Die verschiedenen Verfahren dürfen nicht zur gegenseitigen Kontrolle angewendet werden.

Bezüglich indirekter Prüfverfahren zur Bestimmung der Übertemperatur vgl. IEC 61986.

8.5.2 Widerstandsverfahren

Die Temperatur der Wicklungen wird aus der Widerstandszunahme der Wicklung bestimmt.

8.5.3 Verfahren mit eingebauten Temperaturfühlern (ETF)

Die Temperatur wird durch Temperaturfühler (z. B. Widerstandsthermometer, Thermoelemente oder Halbleiter-Temperaturfühler mit negativem Temperaturkoeffizienten) ermittelt, die während der Herstellung der Maschine an Stellen angebracht wurden, die nach Fertigstellung der Maschine nicht mehr zugänglich sind.

8.5.4 Thermometerverfahren

Die Temperatur wird mithilfe von Thermometern an den zugänglichen Oberflächen der fertiggestellten Maschine ermittelt. Der Begriff „Thermometer“ schließt nicht nur Ausdehnungsthermometer, sondern auch nicht eingeschlossene Thermoelemente und Widerstandsthermometer ein. Werden Ausdehnungsthermometer im Bereich von sich stark ändernden oder bewegenden Magnetfeldern verwendet, so müssen Alkoholthermometer gegenüber Quecksilberthermometern bevorzugt verwendet werden.

8.6 Bestimmung der Wicklungstemperatur

8.6.1 Wahl des Verfahrens

Grundsätzlich ist zur Ermittlung der Wicklungstemperaturen einer Maschine das Widerstandsverfahren nach 8.5.1 anzuwenden (siehe jedoch auch 8.6.2.3.3).

Das Verfahren mit eingebauten Temperaturfühlern (ETF) ist anzuwenden für Wechselstrom-Ständerwicklungen bei Maschinen mit einer Bemessungsleistung von 5 000 kW (oder kVA) oder mehr.

Für Wechselstrommaschinen mit einer Bemessungsleistung unter 5 000 kW (oder kVA) und über 200 kW (oder kVA) muss der Hersteller entweder das Widerstandsverfahren oder das Verfahren mit eingebauten Temperaturfühlern (ETF) auswählen, wenn nichts anderes vereinbart wurde.

Für Wechselstrommaschinen mit einer Bemessungsleistung von 200 kW (oder kVA) oder weniger muss der Hersteller die direkte Messvariante oder die Überlagerungsvariante der Widerstandsmethode (vgl. 8.6.2.1) anwenden, sofern nicht anders vereinbart (siehe jedoch auch unten).

Für Maschinen mit einer Bemessungsleistung von 600 W (oder VA) oder weniger, bei denen die Wicklungen ungleichförmig sind oder sich ernsthafte Komplikationen bei der Herstellung der erforderlichen Verbindungen ergeben, darf die Erwärmung mittels Thermometer ermittelt werden. Die Grenzwerte der Übertemperatur nach Tabelle 7 1d) für das Widerstandsverfahren müssen angewandt werden.

Das Thermometerverfahren ist auch in folgenden Fällen zulässig:

- a) Wenn es praktisch nicht möglich ist, die Erwärmung durch das Widerstandsverfahren zu ermitteln, z. B. bei Wendepol- und Kompensationswicklungen mit geringem Widerstand sowie allgemein bei Wicklungen mit kleinen Widerständen, insbesondere wenn der Widerstand der Schalt- und Anschlussverbindungen einen wesentlichen Anteil des Gesamtwiderstandes ausmacht;
- b) bei drehenden oder feststehenden einlagigen Wicklungen;
- c) bei Stückprüfungen an Maschinen, die in großen Stückzahlen hergestellt werden.

Bei Wechselstrom-Ständerwicklungen mit nur einer Spulenseite je Nut ist das Verfahren mit eingebauten Temperaturfühlern (ETF) nicht zulässig, um den Nachweis zu erbringen, dass die Bemessung dieser Norm entspricht; hier ist das Widerstandsverfahren anzuwenden.

ANMERKUNG Zum Überwachen der Temperaturen derartiger Wicklungen während des Betriebes ist der Einbau eines Temperaturfühlers auf dem Nutgrund nicht zweckmäßig, weil er im Wesentlichen die Temperatur des Blechpaketes angibt. Ein zwischen Spule und Nutenkeil eingebauter Temperaturfühler folgt der Wicklungstemperatur viel besser und ist daher für die Überwachung besser geeignet. Da die Temperatur an dieser Stelle verhältnismäßig niedrig sein kann, sollte der Zusammenhang zwischen ihr und der mit dem Widerstandsverfahren gemessenen Temperatur in einem Erwärmungslauf bestimmt werden.

Für andere Wicklungen mit einer Spulenseite je Nut und für Wickelköpfe darf das ETF-Verfahren nicht angewendet werden, um den Nachweis zu erbringen, dass die Bemessung dieser Norm entspricht.

Bei Ankerwicklungen von Kommutatormaschinen und bei Feldwicklungen sind das Widerstandsverfahren und das Thermometerverfahren zulässig. Das Widerstandsverfahren gilt als das bevorzugte Verfahren. Bei mehrlagigen Erregerwicklungen von Gleichstrommaschinen darf auch das ETF-Verfahren angewendet werden.

8.6.2 Bestimmung nach dem Widerstandsverfahren

8.6.2.1 Messung

Eines der folgenden Verfahren ist zu verwenden:

- Direkte Messung am Anfang und am Ende des Versuches, wobei ein Messinstrument mit geeignetem Messbereich zu verwenden ist;
- Messung mithilfe von Gleichstrom/-spannung bei Gleichstromwicklungen, durch Messung des Stromes in und der Spannung an der Wicklung, wobei Messinstrumente mit geeignetem Messbereich zu verwenden sind;
- Messung mithilfe von Gleichstrom/-spannung bei Wechselstromwicklungen, durch Aufschalten eines Gleichstromes nach Abschaltung der Energiezufuhr;
- Überlagerungsverfahren ohne Unterbrechung des Lastwechselstromes durch Überlagerung eines kleinen Messgleichstromes nach IEC 60279.

8.6.2.2 Berechnung

Die Übertemperatur $\Theta_2 - \Theta_a$ kann aus nachfolgender Zahlenwertgleichung ermittelt werden:

$$\frac{\Theta_2 + k}{\Theta_1 + k} = \frac{R_2}{R_1}$$

Dabei ist

Θ_1 Temperatur der kalten Wicklung zum Zeitpunkt der Anfangswiderstandsmessung in Grad Celsius (°C)

Θ_2 Temperatur der Wicklung am Ende der Erwärmungsprüfung in Grad Celsius (°C)

Θ_a Temperatur des Kühlmittels am Ende der Erwärmungsprüfung in Grad Celsius (°C)

R_1 Widerstand der Wicklung bei der Temperatur Θ_1 (kalt)

R_2 Widerstand der Wicklung am Ende der Erwärmungsprüfung.

k Kehrwert des Temperaturkoeffizienten des Widerstandes bei 0 °C des Werkstoffes

Für Kupfer $k = 235$

Für Aluminium $k = 225$, wenn nicht anders festgelegt

Für praktische Anwendungen kann die nachfolgende alternative Gleichung bequem eingesetzt werden:

$$\Theta_2 - \Theta_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \times (k + \Theta_1) + \Theta_1 - \Theta_a$$

8.6.2.3 Berücksichtigung der Zeit nach dem Stillsetzen

8.6.2.3.1 Allgemeines

Die Ermittlung der Temperaturen am Ende der Erwärmungsprüfung nach dem direkten Widerstandsmessverfahren erfordert ein schnelles Stillsetzen. Sorgfältig geplante Abläufe und genügend Personal sind erforderlich.

8.6.2.3.2 Kurze Stillsetzzeit

Wenn die erste Ablesung innerhalb des in Tabelle 5 angegebenen Zeitabschnittes erfolgt, muss dieser Messwert als Temperaturmesswert genommen werden.

Tabelle 5 – Zeitintervalle

Bemessungsleistung P_N kW (oder kVA)	Zeit nach dem Abschalten s
$P_N \leq 50$	30
$50 < P_N \leq 200$	90
$200 < P_N \leq 5000$	120
$5\,000 < P_N$	nach Vereinbarung

8.6.2.3.3 Längere Stillsetzzeit

Wenn eine Ablesung nicht in der in Tabelle 5 angegebenen Zeit durchgeführt werden kann, muss sie so schnell wie möglich, jedoch nicht später als in der doppelten der in Tabelle 5 angegebenen Zeit erfolgen. Weitere Ablesungen müssen in Abständen von etwa 1 min so lange vorgenommen werden, bis die Messwerte ein deutliches Absinken von ihrem Höchstwert erkennen lassen. Aus diesen Messwerten ist eine Kurve als Funktion der Zeit zu zeichnen und auf das der Bemessungsleistung der Maschine nach Tabelle 5 entsprechende Zeitintervall zu extrapolieren. Es empfiehlt sich eine halblogarithmische Darstellung, bei der die Temperatur auf der logarithmischen Achse aufgetragen wird. Der so erhaltene Temperaturwert gilt als Temperatur beim Abschalten. Zeigen die aufeinander folgenden Messungen nach dem Abschalten steigende Temperaturen an, so muss der Höchstwert genommen werden.

Wenn die erste Ablesung nicht vor Ablauf einer Zeit durchgeführt werden kann, die mehr als das Zweifache der in Tabelle 5 genannten Zeit beträgt, darf dieses Korrekturverfahren nur nach Vereinbarung angewendet werden.

8.6.2.3.4 Wicklungen mit einer Spulenseite je Nut

Bei Maschinen mit nur einer Spulenseite je Nut darf das Verfahren mit direkter Widerstandsmessung angewendet werden, wenn die Maschine innerhalb der in Tabelle 5 genannten Zeit zum Stillstand kommt. Braucht die Maschine mehr als 90 s, um nach dem Abschalten zum Stillstand zu kommen, darf nach vorheriger Vereinbarung das Überlagerungsverfahren angewendet werden.

8.6.3 Bestimmung nach dem ETF-Verfahren

8.6.3.1 Allgemeines

Die Temperaturfühler müssen über die gesamte Wicklung in geeigneter Weise verteilt sein; es sind mindestens sechs eingebaute Temperaturfühler vorzusehen.

Soweit mit der Betriebssicherheit vereinbar, müssen alle Möglichkeiten wahrgenommen werden, die Temperaturfühler an den Stellen anzubringen, an denen die höchste Temperatur zu erwarten ist. Es ist darauf zu achten, dass sie wirksam gegen den Kontakt mit dem primären Kühlmittel geschützt sind.

Der höchste Anzeigewert der eingebauten Temperaturfühler (ETF) muss benutzt werden, um die Temperatur der Wicklung zu ermitteln.

ANMERKUNG Fehler an den eingebauten Temperaturfühlern (ETF) oder den Anschlüssen können zu falschen Anzeigen führen. Deshalb sollten, falls sich ein oder mehrere Anzeigewert(e) nach einer Untersuchung als unglaublich herausstellen, diese von der Bewertung ausgeschlossen werden.

8.6.3.2 Zwei oder mehr Spulenseiten je Nut

Die Temperaturfühler müssen innerhalb der Nut zwischen den isolierten Spulenseiten an den Stellen eingebaut werden, für die die höchste Temperatur zu erwarten ist.

8.6.3.3 Eine Spulenseite je Nut

Die Temperaturfühler müssen innerhalb der Nut zwischen dem Nutenkeil und der isolierten Spule an der Stelle eingebaut werden, für die die höchste Temperatur zu erwarten ist (siehe jedoch auch 8.6.1).

8.6.3.4 Wickelköpfe

Die Temperaturfühler müssen an den Stellen zwischen zwei benachbarten Spulenseiten der Wickelköpfe eingebaut sein, für die die höchste Temperatur zu erwarten ist. Der Fühlerpunkt jedes Temperaturfühlers muss sich in gutem Kontakt mit der Oberfläche der Spulenseite befinden und ausreichend gegen die Einwirkung des Kühlmittels isoliert sein (siehe jedoch auch 8.6.1).

8.6.4 Bestimmung nach dem Thermometerverfahren

Alle sinnvollen, in Einklang mit Sicherheitsanforderungen stehenden Anstrengungen müssen unternommen werden, um die Thermometer an dem Punkt oder an den Punkten, an denen die höchsten Temperaturen voraussichtlich auftreten (z. B. in den Wickelköpfen dicht am Blechpaketende), so anzubringen, dass sie wirksam gegen einen Kontakt mit dem primären Kühlmittel geschützt sind und in gutem thermischem Kontakt zu der Wicklung oder dem anderen Teil der Maschine stehen.

Die höchste Ablesung aus allen Thermometern muss als die Temperatur der Wicklung oder des anderen Teils der Maschine genommen werden.

8.7 Dauer der Erwärmungsprüfungen

8.7.1 Bemessung für Dauerbetrieb

Der Erwärmungslauf muss so lange fortgesetzt werden, bis der thermische Beharrungszustand erreicht ist.

8.7.2 Bemessung für Kurzzeitbetrieb

Die Dauer der Prüfung ist so wie für die Bemessung angegeben.

8.7.3 Bemessung für periodischen Betrieb

Üblicherweise muss die vom Hersteller festgelegte (siehe 5.2.6) Bemessung für gleichwertigen Dauerbetrieb zu Grunde gelegt und so lange geprüft werden, bis der thermische Beharrungszustand erreicht ist. Wenn ein Erwärmungslauf in der tatsächlichen Betriebsart vereinbart wurde, muss das festgelegte Lastspiel angewendet und so oft wiederholt werden, bis praktisch gleichartige Temperaturspiele erreicht sind. Das Kriterium hierfür ist, dass eine zwischen den entsprechenden Punkten aufeinander folgender Temperaturspiele gedachte Gerade eine Neigung von weniger als 2 K/h aufweist. Falls notwendig, sind in angemessenen Zeitabständen über ein Lastspiel Messungen durchzuführen.

8.7.4 Bemessung für nichtperiodischen Betrieb und für Betrieb mit einzelnen konstanten Belastungen

Die vom Hersteller festgelegte (siehe 5.2.6) Bemessung für gleichwertigen Dauerbetrieb ist anzuwenden, bis der thermische Beharrungszustand erreicht ist.

8.8 Bestimmungen der thermischen Ersatzzeitkonstanten für Maschinen der Betriebsart S9

Die zur näherungsweisen Ermittlung des Temperaturverlaufes geeignete thermische Ersatzzeitkonstante für betriebsmäßig belüftete Maschinen kann aus der nach 8.6.2.3 gewonnenen Abkühlkurve ermittelt werden. Der Wert der Zeitkonstanten beträgt das 1,44fache (d. h. $1/\ln 2$ fache) der Zeitspanne, die vom Abschalten des Motors bis zum Erreichen der halben aus der Extrapolation ermittelten Übertemperatur vergeht.

8.9 Verfahren zum Messen der Lagertemperatur

Das Thermometerverfahren oder das Verfahren mit eingebauten Temperatursensoren (ETF) kann angewendet werden.

Die Messstelle muss so nah wie möglich an einer der beiden in Tabelle 6 angegebenen Stellen vorgesehen werden.

Tabelle 6 – Messstellen

Lagerart	Messstelle	Lage der Messstelle
Wälzlager	A	Im Lagersitz und in einem Abstand ¹ von maximal 10 mm vom äußeren Lagerring ²
	B	An der Oberfläche des Lagersitzes, möglichst nahe am äußeren Lagerring
Gleitlager	A	Im Druckbereich der Lagerschale ³ und in einem Abstand von maximal 10 mm ¹ vom Schmierpalt ²
	B	Irgendwo in der Lagerschale
¹ Der Abstand wird vom nächstliegenden Teil des ETF oder des Thermometers gemessen. ² Für den Fall einer Außenläufermaschine ist die Messstelle A im feststehenden Teil des Lagers, im Abstand von maximal 10 mm vom inneren Lagerring anzusetzen. Messstelle B liegt an der Oberfläche des feststehenden Teiles des Lagers, möglichst nahe am inneren Lagerring. ³ Die Lagerschale ist in das Lagergehäuse eingepresst oder anderweitig befestigt und trägt den Lagerwerkstoff. Der Druckbereich ist der Teil ihres Umfangs, der die Summe der Kräfte aus Läufergewicht und radialen Beanspruchungen trägt.		

Der Wärmeübergang zwischen Messfühler und dem Messobjekt, dessen Temperatur gemessen werden soll, muss so klein wie möglich gehalten werden; z. B. sind etwaige Luftspalte mit Leitpaste auszufüllen.

ANMERKUNG Zwischen den Messstellen A und B sowie zwischen diesen und der heißesten Lagerstelle besteht ein Temperaturgefälle, das u. a. von der Lagergröße abhängig ist. Das Temperaturgefälle zwischen den Messstellen A und B kann bei Gleitlagern mit eingepressten Lagerbuchsen und bei Wälzlagern mit einem Innendurchmesser kleiner als 150 mm als vernachlässigbar angenommen werden. Bei größeren Lagern werden an der Messstelle A um etwa 15 K höhere Temperaturen als an der Messstelle B auftreten.

8.10 Grenzwerte für Temperatur und Übertemperatur

Es werden Grenzwerte für den Betrieb unter Betriebsbedingungen am Aufstellungsort, wie in Hauptabschnitt 6 beschrieben, und für Bemessung für Dauerbetrieb (Referenzbedingungen) angegeben. Danach folgen Regeln für die Anpassung dieser Grenzwerte bei Betrieb unter anderen Aufstellungsbedingungen und bei anderen Bemessungen. Weitere Regeln liefern die für den Erwärmungslauf geltenden Grenzwertanpassungen für den Fall, dass die Bedingungen am Prüfort von denen am Aufstellungsort abweichen.

Die Grenzwerte gelten mit Bezug auf das in Tabelle 4 angegebene Referenz-Kühlmittel.

Bezüglich der Reinheit des Wasserstoffgases wird eine Regel angegeben.

8.10.1 Indirekt gekühlte Wicklungen

Unter Referenzbedingungen dürfen Übertemperaturen die Grenzwerte in Tabelle 7 (Luftkühlung) oder Tabelle 8 (Wasserstoffkühlung) nicht überschreiten.

Für andere Bedingungen am Betriebsstandort, andere Bemessungen als für Dauerbetrieb und für Bemessungsspannungen größer als 12 000 V müssen die Grenzwerte nach Tabelle 9 angepasst werden (siehe auch Tabelle 10 bezüglich des Grenzwertes für die Kühlmitteltemperatur, der der Tabelle 9 zu Grunde gelegt ist).

Im Falle von Thermometerablesungen, die in Einklang mit 8.6.1 gemacht wurden, muss der Grenzwert der Übertemperatur Tabelle 7 entsprechen.