

**DIN EN 60034-3
(VDE 0530-3)**
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 29.160.20

Einsprüche bis 2017-09-28

Entwurf

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60034-3
(VDE 0530-3):2009-03 und
 Ersatz für
 E DIN EN 60034-3
 (VDE 0530-3):2016-09

**Drehende elektrische Maschinen –
 Teil 3: Besondere Anforderungen an Synchrongeneratoren, angetrieben
 durch Dampfturbinen oder Gasturbinen, und an synchrone Phasenschieber
 (IEC 2/1862/CD:2017)**

Rotating electrical machines –

Part 3: Specific requirements for synchronous generators driven by steam turbines or combustion gas turbines and for synchronous compensators
 (IEC 2/1862/CD:2017)

Machines électriques tournantes –

Partie 3: Règles spécifiques pour les alternateurs synchrones entraînés par turbines à vapeur ou par turbines à gaz à combustion et pour compensateurs synchrones
 (IEC 2/1862/CD:2017)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-07-28 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 60 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

	Inhalt	Seite
1	Anwendungsbereich	7
2	Normative Verweisungen	7
3	Begriffe	8
4	Allgemeines	8
4.1	Allgemeine Festlegungen	8
4.2	Bemessungsbedingungen	8
4.2.1	Generatoren	8
4.2.2	Phasenschieber	9
4.3	Bemessungsspannung	9
4.4	Leistungsfaktor	9
4.5	Bemessungsdrehzahl	9
4.6	Spannungs- und Frequenzbereiche	10
4.7	Drehrichtung	11
4.8	Ständerwicklung, Ausgangsspannung	11
4.9	Wicklungsisolierung	11
4.9.1	Isoliersysteme, thermische Klassifizierung	11
4.9.2	Prüfung der Stehspannung	11
4.10	Isolierung gegen Lagerströme	12
4.11	Schleuderdrehzahl	12
4.12	Kritische Drehzahlen	12
4.13	P-Q Leistungsdiagramm	12
4.14	Anforderungen bezüglich Überströme	13
4.14.1	Ständerstrom	13
4.14.2	Läuferstrom	14
4.15	Belastbarkeit mit Schiefast und mit Stromharmonischen	14
4.15.1	Schiefaststrom	14
4.15.2	Stromharmonische	15
4.16	Stoßkurzschluss	15
4.17	Synchronisierung	16
4.18	Leerlaufkurzschlussverhältnis	16
4.19	Transiente und subtransiente Längsreaktanzen	17
4.20	Toleranzen für das Leerlaufkurzschlussverhältnis und für die transienten und subtransienten Längsreaktanzen	17
4.21	Mechanische Bedingungen für Läufer	17
4.21.1	Anzahl von Anläufen	17
4.21.2	Betrieb mit der Drehvorrichtung	17

4.22	Kühler	18
5	Luftgekühlte Generatoren oder Phasenschieber	18
5.1	Allgemeines	18
5.2	Kühlsystem	18
5.3	Temperatur des Primärkühlmittels	18
5.3.1	Temperaturfühler	18
6	Wasserstoff- oder flüssigkeitsgekühlte Generatoren oder Phasenschieber	19
6.1	Allgemeines	19
6.2	Wasserstoffdruck und -reinheit im Gehäuse	19
6.3	Gehäuse und Gehäuseabschlüsse	19
6.4	Klemmen der Ständerwicklung	19
6.5	Temperatur des primären Kühlmittels, Temperaturen und Übertemperaturen	20
6.6	Temperaturfühler	20
6.7	Hilfseinrichtungen	20
7	Generatoren zum Antrieb durch Gasturbinen oder für GUD-Anwendungen	21
7.1	Allgemeines	21
7.2	Betriebsbedingungen	21
7.2.1	Allgemeines	21
7.2.2	Temperatur des primären Kühlmittels	21
7.2.3	Anzahl der Anfahrten	22
7.2.4	Aufnahme von Belastung	22
7.3	Bemessungsleistung	22
7.4	Leistungsbereiche	22
7.4.1	Allgemeines	22
7.4.2	Grundleistungsbereich	22
7.4.3	Übertemperaturen und Temperaturen im Grundleistungsbereich	23
7.4.4	Spitzenleistungsbereich	25
7.5	Leistungsschild	25
7.6	Erwärmungsprüfungen	25
Anhang A (normativ)	Vorsichtsmaßnahmen für den Einsatz von wasserstoffgekühlten Synchrongeneratoren oder Phasenschieber	26
A.1	Allgemeines	26
A.2	Reinheit der Wasserstoffversorgung	26
A.3	Übliche Betriebszustände	26
A.4	Schutzmaßnahmen für Schleifringe und gekuppelte Erregereinrichtungen	26
A.5	Hilfseinrichtungen	27
A.6	Betrieb des Generators und seiner Hilfseinrichtungen	29
A.7	Richtlinie für ausreichende Belüftung	31

Bilder

Bild 1 – Betrieb im Spannungs- und Frequenzbereich	10
Bild 2 – Typisches Leistungsdiagramm eines Generators	13
Bild 3 – Typische Generator-Leistungskurven	23
Bild A.1 – Beispiel einer großen Wasserstoffversorgungseinheit zur Speisung eines oder mehrerer Generatoren (vereinfachtes Schema)	32

Tabellen

Tabelle 1 – Angepasste Begrenzung der Übertemperaturen von indirekt mit Luft gekühlten Wicklungen (ETF)	24
Tabelle 2 – Angepasste Temperaturbegrenzungen von direkt mit Gas gekühlten Wicklungen (Thermometer)	25

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 2/1862/CD:2017 „Rotating electrical machines – Part 3: Specific requirements for synchronous generators driven by steam turbines or combustion gas turbines and for synchronous compensators,“ (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 beigelegt. 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 dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 311 „Drehende elektrische Maschinen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60034-3 (VDE 0530-3):2009-03** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Der Inhalt wurde auf Phasenschieber erweitert.
- Es wurden Anforderungen an die Überlastbarkeit des Läufers hinzugefügt.
- Die Läuferbelastung infolge von Harmonischen in den Statorströmen wird mit einer äquivalenten Schief- last beschrieben.
- Die zulässigen Temperaturen bzw. Temperaturerhöhungen wurden für Anwendungen mit Gasturbinen revidiert.
- Die Anforderungen für Hilfseinrichtungen wurden ergänzt.

- f) Es wurde ein [Abschnitt 4.17](#) ergänzend, in dem vom Hersteller Angaben zur Synchronisierung verlangt werden.
- g) Die Deutsche Fassung wurde im [Abschnitt 2](#) an die aktuellen Standardtexte angepasst.

**Drehende elektrische Maschinen –
Teil 3: Besondere Anforderungen an Synchrongeneratoren, angetrieben durch
Dampfturbinen oder Gasturbinen, und an synchrone Phasenschieber**

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60034 gilt für dreiphasige Synchrongeneratoren mit Bemessungsleistungen von 10 MVA und darüber, die von Dampfturbinen und Gasturbinen angetrieben werden. Außerdem gilt er für Synchronmaschinen, die als Phasenschieber zum Zweck des Blindleistungsaustausches an ein Netz angeschlossen sind.

Diese Norm ergänzt die grundlegenden, in **IEC 60034-1** angegebenen Anforderungen an drehende elektrische Maschinen.

und, wo anwendbar,

- der Aufstellungshöhe;
- des Wasserstoffdrucks, mit dem Hinweis ob der Wert als Absolutdruck oder Überdruck zu verstehen ist;
- des Reinheitsgrades des Wasserstoffs, siehe IEC 60034-1.

4.2.2 Phasenschieber

Die Bemessungsbedingungen eines Phasenschiebers sind grundsätzlich die gleichen wie die eines Generators, jedoch mit unterschiedlichen Festlegungen für Scheinleistung und Leistungsfaktor.

- Die Bemessungsscheinleistung besteht hauptsächlich aus der maximalen Blindleistung bei Bemessungsspannung im übererregten Betrieb und einem kleinen Betrag an Wirkleistung, die an den Phasenschieber geliefert wird.
- Der Bemessungs-Leistungsfaktor ist nahe Null. Er spiegelt hauptsächlich die maximale Blindleistung und die vom Netz gedeckten Verluste.

Bei Phasenschiebern muss der Bereich der Blindleistung vereinbart werden.

ANMERKUNG Der Erregerstrom und die Erregerspannung eines Generators oder Phasenschiebers werden während des Betriebs entsprechend des Bedarfs an Blindleistung eingestellt. Der Bemessungs-Erregerstrom und die Bemessungs-Erregerspannung sind diejenigen Werte, die zum Betrieb des Generators/Phasenschiebers bei Bemessungsbedingungen notwendig sind. Die für Studien notwendige Modellierung des Generators/Phasenschiebers kann andere Bezugswerte als die Bemessungswerte für den Erregerstrom und die Erregerspannung erfordern.

4.3 Bemessungsspannung

Die Bemessungsspannung muss durch Vereinbarung festgelegt werden.

4.4 Leistungsfaktor

Der Leistungsfaktor eines Generators muss vereinbart werden. Genormte Bemessungsleistungsfaktoren an den Generatorklemmen sind 0,8; 0,85 und 0,9 (übererregt).

ANMERKUNG 1 Je kleiner der Bemessungs-Leistungsfaktor ist, um so größer wird der Generator.

ANMERKUNG 2 Der Bemessungs-Leistungsfaktor sollte die Anforderungen nach Blindleistung bei Bemessungswirkleistung im übererregten Betrieb einschließlich einer Reserve widerspiegeln.

ANMERKUNG 3 Es wird empfohlen, dass der Generator bei Untererregung und Bemessungswirkleistung zu einem Betrieb mit dem Leistungsfaktor 0,95 in der Lage ist.

Der Leistungsfaktor eines Phasenschiebers weicht von Null nur um einen Betrag ab, der von der Kompensation von Verlusten aus dem Netz abhängig ist.

4.5 Bemessungsdrehzahl

Synchrongeneratoren oder Phasenschieber werden üblicherweise an ein Netz angeschlossen, dessen betriebliche Grundfrequenz 50 Hz oder 60 Hz beträgt.

Die Bemessungsdrehzahlen betragen:

$3\,000/p \text{ min}^{-1}$ für 50 Hz-Generatoren oder Phasenschieber;

$3\,600/p \text{ min}^{-1}$ für 60 Hz-Generatoren oder Phasenschieber.

Dabei ist p die Polpaarzahl.

4.6 Spannungs- und Frequenzbereiche

Synchrongeneratoren und Phasenschieber müssen ihre Bemessungsleistung beim zugehörigen Leistungsfaktor in einem Schwankungsbereich von $\pm 5\%$ der Bemessungsspannung und von $\pm 2\%$ der Bemessungsfrequenz dauernd abgeben können, wie mit dem schraffierten Teil in Bild 1 festgelegt.

Die Grenzen der Übertemperaturen nach den Tabellen 7 und 8 oder die Grenztemperaturen nach **Tabelle 12** in **IEC 60034-1** gelten nur für den Betrieb bei Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz.

Ein möglicherweise geforderter Betrieb außerhalb des strichlierten Bereichs von Bild 1 muss vereinbart werden.

ANMERKUNG 1 Die Übertemperaturen oder die Temperaturen können mehr und mehr ansteigen, wenn der Betriebspunkt von den Bemessungswerten von Spannung und Frequenz abweicht. Dauerbetrieb mit der Bemessungsleistung verursacht in einigen Bereichen des schraffierten Bereichs einen zusätzlichen Temperaturanstieg bis zu etwa 10 K. Generatoren oder Phasenschieber können ihre Leistung beim Bemessungs-Leistungsfaktor auch in einem Schwankungsbereich von $\pm 5\%$ der Bemessungsspannung und $-5\% \dots +3\%$ der Bemessungsfrequenz erbringen, wie durch die äußeren Grenzen von Bild 1 angezeigt, jedoch werden die Übertemperaturen dann weiter ansteigen. Um die Minderung der Lebensdauer infolge thermischer Effekte zu begrenzen, sollte der Betrieb außerhalb des schraffierten Bereiches bezüglich des Ausmaßes, der Dauer und der Häufigkeit begrenzt werden. Die Leistung sollte, so bald wie betrieblich möglich, zurückgenommen oder andere Abhilfemaßnahmen ergriffen werden.

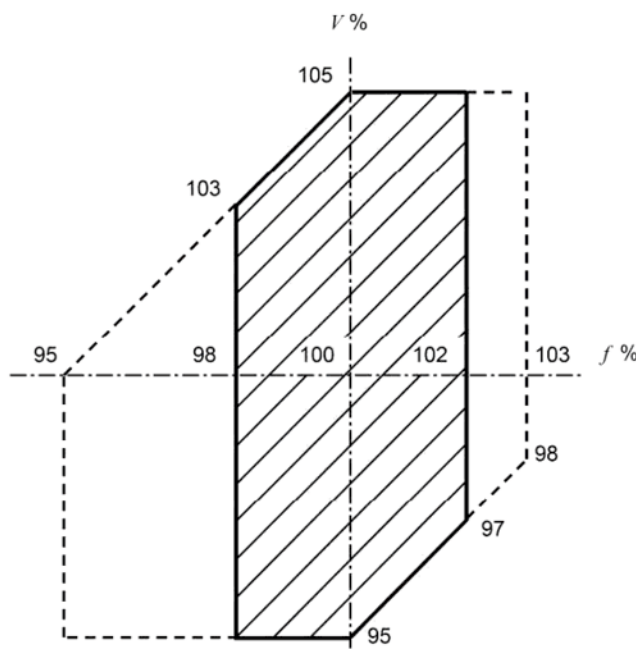


Bild 1 – Betrieb im Spannungs- und Frequenzbereich

ANMERKUNG 2 Ein Betrieb mit erhöhter Spannung und abgesenkter Frequenz oder ein Betrieb mit abgesenkter Spannung bei erhöhter Frequenz wird als unwahrscheinlich angesehen. Der erstgenannte Fall führt mit großer Wahrscheinlichkeit zum Anstieg der Erwärmung der Erregerwicklung. In Bild 1 ist der Betrieb in diesen Quadranten so begrenzt, dass eine magnetische Über- oder Untererregung des Generators oder Phasenschiebers und seines Transformators nicht über 5 % hinausgeht. Einige der dargestellten Betriebsbereiche schränken den Spielraum an Erregung und Betriebsstabilität ein. Der Betrieb mit abweichender Frequenz kann wichtige Auswirkungen außerhalb des Generators oder Phasenschiebers haben, die beachtet werden müssen. Beispielsweise wird der Turbinenhersteller zulässige Frequenzbereiche angeben mit zugehörigen Betriebsdauern. Auch kann für die Hilfseinrichtungen ein bestimmter Bereich von zulässigen Betriebsspannungen und Frequenzen gelten.

4.7 Drehrichtung

Die Drehrichtung muss auf der Maschine oder auf ihrem Leistungsschild angegeben sein; die zeitliche Phasenfolge der Ständerspannungen ist durch Kennzeichnung der Klemmen in derjenigen Folge anzugeben, in der die Spannungen ihr Maximum erreichen, z. B. U_1 , V_1 , W_1 .

ANMERKUNG Die Klemmenbezeichnungen müssen nicht mit IEC 60034-8 übereinstimmen.

Bei Generatoren mit nur einer Antriebsseite ist diese die Referenzseite für die Drehrichtung.

Bei Generatoren mit zwei Antriebsseiten ist diejenige mit dem leistungsstärkeren Antrieb als Referenzseite für die Drehrichtung zu nehmen. Sofern die Antriebsleistung auf beiden Seiten vergleichbar ist, dann ist diejenige Seite als Referenzseite für die Drehrichtung zu nehmen, die den Erregerstromzuführungen gegenüberliegt.

Bei synchronen Phasenschiebern ist die Referenzseite für die Drehrichtung diejenige, die den Erregerstromzuführungen gegenüberliegt.

Zur Festlegung des Drehsinns (im oder gegen den Uhrzeigersinn) blickt man von der Referenzseite auf den Läufer.

Die Phasenfolge der Generator- bzw. Phasenschieberspannungen muss mit derjenigen des Netzes übereinstimmen, an das der Generator oder Phasenschieber angeschlossen werden soll.

4.8 Ständerwicklung, Ausgangsspannung

Falls nicht anders vereinbart, ist die Ständerwicklung im Stern anzuordnen. Alle Wicklungsenden müssen aus dem Gehäuse herausgeführt sein. Die Anordnung der elektrischen Anschlüsse muss vereinbart werden.

Als Ausgangsspannung ist die Spannung zwischen zwei Leitern der Ständerwicklung festgelegt.

4.9 Wicklungsisolierung

4.9.1 Isoliersysteme, thermische Klassifizierung

Sowohl die Ständerwicklung als auch die Erregerwicklung müssen mit Isoliersystemen isoliert sein, welche ihre Bemessungsspannung für lange Zeit aushalten können. Der Begriff „Wicklung“ umfasst die Spulen selbst und alle elektrischen Verbindungen zwischen Spulen und Anschlüssen.

ANMERKUNG 1 Zur Prüfung der elektrischen Lebensdauer siehe IEC 60034-18-32

Ein Isoliersystem umfasst die notwendigen Kombinationen von Isoliermaterialien, die einen elektrischen Leiter umgeben. Es schließt auch isolierende Bauteile mit ein, die der Befestigung einer Wicklung innerhalb von Nuten dienen, notwendige Abstände sicherstellen und die Wickelköpfe und Verbindungsleitungen abstützen.

Die für die Wicklungen eingesetzten Isoliersysteme müssen der thermischen Klassifizierung 130 (B) oder einer höheren entsprechen.

ANMERKUNG 2 Wenn eine „betriebliche“ thermische Klasse angegeben wird, z. B. „Betrieb nach thermischer Klasse 130 (B)“, wird davon ausgegangen, dass für die „betriebliche“ thermische Klasse nicht nur die beobachtbaren Temperaturen oder Übertemperaturen nach IEC 60034-1 oder nachstehendem Kapitel 7.4.3 gelten, sondern auch die nach IEC 60085 empfohlenen Heißpunkttemperaturen, auch dann, wenn das verwendete Isoliermaterial einer höheren thermischen Klasse entspricht als die „betriebliche“ thermische Klasse.

4.9.2 Prüfung der Stehspannung

Die Prüfung der Stehspannung muss in Übereinstimmung mit IEC 60034-1, Tabelle 16, durchgeführt werden.

4.10 Isolierung gegen Lagerströme

Es sind geeignete Maßnahmen zur Verhütung schädlicher Lagerströme und zur angemessenen Erdung der Welle zu treffen. Erforderliche Isolierungen sind vorzugsweise so anzuordnen, dass sie während des Betriebs des Generators oder Phasenschiebers überprüft werden können. Spitzen der Wellenspannung, die durch statische Erregung mit gesteuerten Gleichrichtern verursacht werden, müssen durch geeignete Maßnahmen auf unkritische Werte herabgesetzt werden. Diese Spitzen können Schäden hervorrufen, beispielsweise im Lager-Weißmetall, wenn sie den Lager-Ölfilm durchschlagen.

4.11 Schleuderdrehzahl

Die Läufer müssen während 2 min mit der 1,2-fachen Bemessungsdrehzahl geprüft werden.

ANMERKUNG Die Schleuderprüfung hat den Zweck, die mechanische Widerstandsfähigkeit des Läufers nachzuweisen. Der Test dient nicht zur Darstellung des betriebsmäßigen Maschinenvermögens. Die betriebliche Überdrehzahlfestigkeit des Generators/Phasenschiebers und die Häufigkeit, mit der eine Überdrehzahl auftreten darf, hängt von der Auslegung des Generators oder Phasenschiebers ab. Es ist erforderlich, alle betrieblichen Überdrehzahlfälle sorgfältig zu prüfen, welche z. B. aus einem plötzlichen Lastabwurf aus Vollast entstehen können. Besondere Anforderungen müssen mit dem Hersteller vereinbart werden.

4.12 Kritische Drehzahlen

Kritische Drehzahlen dürfen innerhalb des Drehzahlbereiches, der dem Frequenzbereich nach IEC 60045-1, 4.6 entspricht, keine unbefriedigende Laufgüte des gesamten Turbinen- und Generator-Wellenstranges verursachen. Dies betrifft auch die Läufer von Phasenschiebern.

4.13 P-Q Leistungsdiagramm

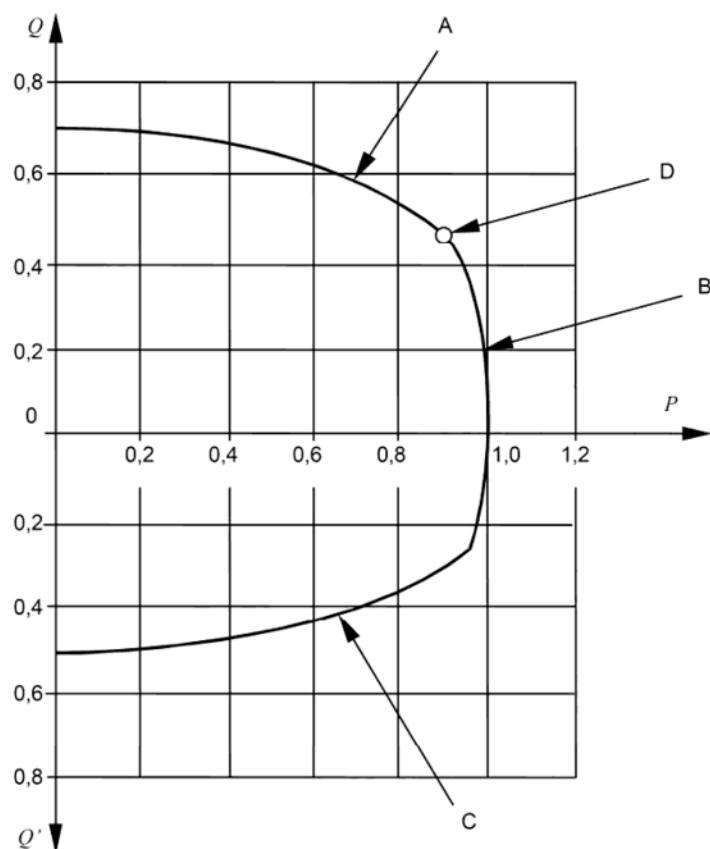
Für Generatoren muss der Hersteller ein P-Q Leistungsdiagramm zur Verfügung stellen, das die Grenzen des Betriebes angibt. Das P-Q Diagramm muss für den Betrieb unter Bemessungsbedingungen gezeichnet werden. Ein typisches P-Q Diagramm ist in [Bild 2](#) dargestellt. Seine Ränder sind durch die folgenden Begrenzungen gegeben:

- Kurve A bezeichnet einen Betrieb mit konstant gehaltenem Bemessungserregerstrom und demzufolge näherungsweise konstanter Erwärmung der Erregerwicklung.
- Kurve B folgt aus einem Betrieb mit konstant gehaltenem Bemessungsstrom der Ständerwicklung und damit nahezu konstanter Erwärmung der Ständerwicklung.
- Kurve C bezeichnet eine Grenze im Hinblick auf örtliche Erwärmungen in den Endzonen oder auf die statische Stabilität oder eine Kombination von beiden.

Es können zusätzliche Diagramme zur Verfügung gestellt werden, die für vereinbarte Betriebsbedingungen gelten, beispielsweise für eingeschränkte Kühlung oder, falls zutreffend, für Wasserstoffdrücke, die von der Bemessung abweichen.

Für synchrone Phasenschieber kann man kein P-Q Leistungsdiagramm angeben.

Wenn man einen bestimmten Generator oder Motor mit gegebenem P-Q Leistungsdiagramm als synchronen Phasenschieber einsetzt, kann man den verfügbaren Bereich der Blindleistung aus dem P-Q Diagramm entnehmen als Verbindungslinie zwischen dem Schnittpunkt der Q-Achse und der Kurve A einerseits und dem Schnittpunkt der Q-Achse und der Kurve C andererseits. Die vom Netz gedeckten Verluste bewirken eine leichte Verschiebung der Betriebspunkte zu negativen Werten auf der P-Achse.



Legende

A	Begrenzung durch die Temperatur der Erregerwicklung	P	p.u.-Wirkleistung bezogen auf Bemessungsleistung
B	Begrenzung durch die Temperatur der Ständerwicklung	Q	p.u.-Blindleistung übererregt bezogen auf Bemessungsleistung
C	Begrenzung durch die Temperaturen der Endzonen des Blechpaketes oder durch die statische Stabilität	Q'	p.u.-Blindleistung untererregt bezogen auf Bemessungsleistung
D	Bemessungsleistung		

Bild 2 – Typisches Leistungsdiagramm eines Generators

ANMERKUNG 1 Bild 2 kann andere Betriebsbegrenzungen enthalten, z. B. maximale Begrenzungen der Turbine oder Grenzen minimaler Erregung.

ANMERKUNG 2 Der Generator sollte innerhalb der Grenzen des Diagramms passend zu den gewählten Bedingungen von Spannung, Frequenz, Kühlung und ggf. Wasserstoffdruck betrieben werden. Ein Betrieb außerhalb dieser Begrenzungen hat eine Verminderung der Lebenserwartung des Generators zur Folge.

4.14 Anforderungen bezüglich Überströme

4.14.1 Ständerstrom

Maschinen mit einer Bemessungsleistung bis zu 1 200 MVA müssen, ohne Schaden zu nehmen, einen Ständerstrom vom 1,5-fachen Bemessungsstrom 30 s lang ertragen können, ausgehend von eingeschwungenen Temperaturen bei Bemessungsbedingungen.

Für Leistungen oberhalb von 1 200 MVA muss eine Zeit unter 30 s vereinbart werden, die mit steigender Leistung bis zu einem Mindestwert von 15 s absinkt, wobei der zulässige Ständerstrom beim 1,5-fachen Bemessungsstrom bleibt.

Folglich gilt für Generatoren bis zu 1 200 MVA Bemessungsleistung:

$$(i^2 - 1)t = 37,5 \text{ s}$$

Dabei ist

- i der auf den Bemessungswert bezogene Ständerstrom (I/I_N) mit I dem Ständerstrom, I_N dem Ständer-Bemessungsstrom
- t die Zeit in Sekunden.

Dieser Zusammenhang muss für t zwischen 10 s und 120 s gelten.

Es müssen andere Kombinationen von Überstrom und Zeit zulässig sein, die das gleiche Maß an zusätzlicher Wärme erzeugen wie bei Betrieb mit Bemessungsstrom.

ANMERKUNG Bekanntlich überschreiten die Ständertemperaturen unter solchen Bedingungen die Werte bei Bemessungsleistung. Beim Entwurf des Generators geht man daher von der Annahme aus, dass ein Betrieb bei diesen Grenzbedingungen nicht häufiger als zweimal im Jahr vorkommt.

4.14.2 Läuferstrom

Die Läuferwicklung muss den 1,25-fachen Läuferstrom, bezogen auf den Bemessungswert, für 60 s aushalten können, ausgehend von eingeschwungenen Temperaturen bei Bemessungsbedingungen.

$$(i_f^2 - 1)t = 33,75 \text{ s}$$

Dabei ist

- i_f der auf den Bemessungswert bezogene Läuferstrom (I_f/I_{fN}) mit I_f dem Erregerstrom, I_{fN} dem Bemessungs-Erregerstrom und
- t die Zeit in Sekunden.

Dieser Zusammenhang muss für t zwischen 10 s und 120 s gelten.

Es müssen andere Kombinationen von Überstrom und Zeit zulässig sein, die das gleiche Maß an zusätzlicher Wärme erzeugen wie bei Betrieb mit Bemessungsstrom.

ANMERKUNG Bekanntlich überschreiten die Läufertemperaturen unter solchen Bedingungen die Werte bei Bemessungsleistung. Beim Entwurf des Generators geht man daher von der Annahme aus, dass ein Betrieb bei diesen Grenzbedingungen nicht häufiger als zweimal im Jahr vorkommt.

4.15 Belastbarkeit mit Schieflast und mit Stromharmonischen

4.15.1 Schieflaststrom

IEC 60034-1, Tabelle 2 definiert die Begrenzungen für Schieflast von Synchronmaschinen als

- dauerhaften Betrieb mit bezogenem Schieflaststrom I_2/I_N
- Kurzzeitschieflast $(I_2/I_N)^2 t$

Dabei wird davon ausgegangen, dass die Ständer-Strangströme nur aus der Grundschiwingung bestehen und der Schieflaststrom I_2 nur von diesen Grundschiwingungen herrührt.

4.15.2 Stromharmonische

Wenn die Ständer-Strangströme signifikante Amplituden von Harmonischen, bezogen auf die Grundschiwingung, enthalten, werden zusätzliche Ströme auf der Läuferoberfläche, in den Dämpferstäben, Keilen und Läuferkappen induziert. Die Bestimmung der Belastbarkeit mit Schiefast muss diese Effekte berücksichtigen.

ANMERKUNG Ständer-Stromharmonische können auch unerwünschte Oberschwingungen im elektromagnetisch erzeugten Drehmoment und zusätzliche Verluste in der Ständerwicklung und im Blechpaket hervorrufen.

Wenn man die Begrenzungen nach IEC60034-1 aufrecht hält, kann man die Auswirkung der Stromharmonischen auf die Belastbarkeit mit Schiefast mit einem äquivalenten Schiefast-Strom I_{2eq} folgendermaßen bestimmen:

$$I_{2eq} = \sqrt{I_2^2 + \sum_n \sqrt{\frac{n+i}{2}} I_n^2}$$

wobei n die Ordnungszahl der Harmonischen angibt (typisch eine ungerade, nicht durch 3 teilbare Zahl) und

$i=+1$, wenn $n=5, 11, 17$, usw.

$i=-1$, wenn $n=7, 13, 19$, usw.

I_n ist der Effektivwert der Stromharmonischen mit Ordnungszahl n ,

I_2 ist der Effektivwert des Schiefaststroms, der aus den Grundschiwingungen der Strangströme resultiert

I_{2eq} ist der Effektivwert des gesamten Schiefaststroms

ANMERKUNG Die Formel berücksichtigt den Einfluss von Frequenzen auf die Widerstände von Dämpferwicklungen.

Sofern nichts anderes vereinbart ist, darf der bezogene äquivalente Schiefast-Strom I_{2eq}/I_N den in IEC 60034-1 festgelegten Wert von I_2/I_N nicht übersteigen (mit I_N als dem Ständer-Bemessungsstrom).

Setzt man in der Formel $I_2 = 0$, so erhält man I_{2Harm} , den Beitrag der Harmonischen zu I_{2eq} . Wenn man erwartet, dass der auf den Ständer-Bemessungsstrom bezogene Beitrag I_{2Harm}/I_N den nach IEC 60034-1, Tabelle 2 zulässigen Wert um 25 % übersteigt, muss der Hersteller auf die Amplituden und Frequenzen der erwarteten Stromharmonischen aufmerksam gemacht werden. Der Hersteller muss entscheiden ob zusätzliche konstruktive Maßnahmen notwendig sind.

4.16 Stoßkurzschluss

Der Generator oder Phasenschieber ist so zu bemessen, dass er einen Stoßkurzschluss beliebiger Art bei Bemessungslast und 1,05-facher Bemessungsspannung an seinen Klemmen, ohne Schaden zu nehmen, aushält, vorausgesetzt, dass der größte Strangstrom durch äußere Maßnahmen auf einen Wert begrenzt wird, der nicht über dem höchsten Strangstrom beim dreipoligen Kurzschluss liegt. „Ohne Schaden“ heißt, dass die Maschine keine Beschädigung erfahren darf, die zur Abschaltung führt, wenngleich eine gewisse Verformung der Ständerwicklung oder Lockerung der Wickelkopfabstützung möglicherweise eintritt.

Wenn zwischen Käufer und Hersteller die Durchführung eines Stoßkurzschlussversuchs an einer neuen Maschine vereinbart ist, soll er folgendermaßen durchgeführt werden:

Falls vereinbart muss dem Kurzschlussversuch die mit voller Prüfspannung durchgeführte Hochspannungs-Abnahmeprüfung vorausgehen.

Soll der Generator oder Phasenschieber direkt an ein Netz angeschlossen werden, so muss ein dreiphasiger Klemmenkurzschluss aus Leerlauf mit Bemessungsspannung durchgeführt werden.

Soll der Generator oder Phasenschieber über einen Transformator mit dem Netz verbunden werden, so ist der Versuch bei verminderter Spannung an den Klemmen auszuführen. Der Betrag der verminderten Span-

nung ist zwischen Hersteller und Betreiber so zu vereinbaren, dass der zu erwartende Stoßkurzschlussstrom demjenigen bei einem dreiphasigen Stoßkurzschluss im Betrieb an den Hochspannungsklemmen des Transformators entspricht.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn der Generator anschließend ohne Reparatur oder nach nur geringfügiger Reparatur an der Ständerwicklung für betriebsbereit befunden wird und eine Spannungsprüfung nach IEC 60034-1 mit 80 % der Prüfspannung für einen neuen Generator besteht. Der Begriff „geringfügige Reparatur“ beinhaltet Ausbesserungen von Verformungen oder Beseitigung von Lockerungen der Ständerwicklung oder der Wickelkopfabstützungen sowie Nachbesserungen an deren Isolierung, nicht jedoch das Auswechseln von Spulen.

ANMERKUNG Ungewöhnlich hohe Ströme und Drehmomente können sich im Betrieb als Folge von Netzkurzschlüssen im Nahbereich des Generators oder Phasenschiebers sowie als Folge einer Fehlerfortschaltung und Wiederschaltung bei einem entfernten Fehler oder infolge von Fehlsynchronisation einstellen. Falls solche Ereignisse hohe Überströme verursacht haben, sollte die Maschine gründlich überprüft werden mit besonderem Augenmerk auf die Ständerwicklung. Lockerungen von Abstützungen oder Versteifungen sollten beseitigt werden, ehe der Generator wieder in Betrieb genommen wird, um so durch Schwingungen verursachte Folgeschäden zu vermeiden. Ebenso sind Überprüfungen einer möglichen Änderung der Wellenwuchtung und von Verformungen der Kupplungsbolzen und Kupplungen empfohlen.

4.17 Synchronisierung

Bevor ein Generator oder Phasenschieber über einen Schalter mit dem Netz verbunden werden kann, müssen die Generator- bzw. Phasenschieber-Spannungen mit denen des Netzes sehr genau übereinstimmen damit unzulässige Überströme und Drehmomente vermieden werden. Dies wird erreicht durch sorgfältige Einstellung der Drehzahl und der Erregung des Generators oder Phasenschiebers.

Der Hersteller des Generators oder Phasenschiebers muss eine Information liefern über die maximal zulässigen Abweichungen der Amplituden, der Frequenz und der Phasenlage der Generator- bzw. Phasenschieberspannungen zu denen der Netzspannungen. Die Schaltzeiten des Schalters müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Die zulässigen Abweichungen hängen hauptsächlich von den Reaktanzen des Generators oder Phasenschiebers ab sowie von den Eigenschaften des Wellenverbands.

Eine Fehlsynchronisation kann einen Generator oder Phasenschieber sehr stark beschädigen. Jede Fehlsynchronisation muss den Generator oder Phasenschieber sofort vom Netz trennen. Besonders kritisch sind 180°- oder 120°- Fehlsynchronisationen, welche extrem hohe Ströme und Drehmomente verursachen. Nach einer Fehlsynchronisation ist eine Inspektion der Ständerwicklung und des Wellenverbands erforderlich. Erst wenn alle Reparaturen erfolgt sind, ist der Generator oder Phasenschieber betriebsfähig.

ANMERKUNG Reparaturen können den teilweisen oder vollständigen Austausch der Ständerwicklung umfassen, das Verfestigen oder den Austausch von Versteifungsstrukturen, den Austausch von Kupplungsteilen oder sogar den Ersatz des Läufers.

4.18 Leerlaufkurzschlussverhältnis

Für Maschinen aller Größen und Kühlungsarten, die durch diese Norm abgedeckt sind, darf das Leerlaufkurzschlussverhältnis (LLK) nicht kleiner als 0,35 sein. Höhere Werte dürfen spezifiziert werden (z. B. aufgrund einer Netzanforderung). Jedoch kann dies bei einem vorgegebenen Kühlungssystem beträchtlich größere Generator-/Phasenschieber-Abmessungen erfordern, so dass die Herstellung oder der Transport der Maschine unpraktisch wird. Ein größerer Wert des Leerlaufkurzschlussverhältnisses benötigt außerdem einen erhöhten Erregerstrom und verursacht größere Verluste. Deswegen muss ein Leerlaufkurzschlussverhältnis über 0,35 vereinbart werden.

ANMERKUNG 1 Besonders bei großen Generatoren können bei vernünftiger Generatorenauslegung nur begrenzte Werte des Leerlaufkurzschlussverhältnisses erreichbar sein. Dies kann mit Forderungen eines sog. Grid Codes nicht vereinbar sein.

ANMERKUNG 2 Sehr oft wird $LLK > 0,5$ spezifiziert ohne diese Anforderung zu begründen. In früheren Normen waren hohe LLK-Werte dazu gedacht, die Auswirkungen von Laständerungen bei langsamen Erregerstrom-Reglern gering zu halten. Bei modernen Erregeranlagen ist es vernünftiger, Laständerungen mit schnellen Reglern zu kompensieren. Blindleistung im untererregten Bereich sollte nicht indirekt über das Leerlaufkurzschlussverhältnis gefordert werden. Der verfügbare Bereich untererregter Blindleistung und die statische Stabilität hängen von der Konstruktion des Generators ab. Forderungen nach einem hohen LLK sollten detailliert erklärt werden.

4.19 Transiente und subtransiente Längsreaktanzen

Wenn die transienten oder subtransienten Längsreaktanzen mit Bezug auf die Betriebsbedingungen festgelegt werden, sollten die folgenden Werte vereinbart werden:

- ein Mindestwert für die subtransiente Längsreaktanz für den Sättigungszustand bei Bemessungsspannung;
- ein Höchstwert für die transiente Längsreaktanz für ungesättigte Bedingungen mit Nennstrom.

Da die beiden Reaktanzen sich zu einem großen Teil aus gemeinsamen magnetischen Flüssen ableiten, muss sichergestellt werden, dass die obere Grenze der subtransienten Reaktanz nicht zu nahe an der unteren Grenze der transienten Reaktanz liegt.

Wenn kein Wert für die subtransiente Längsreaktanz festgelegt ist, darf er nicht weniger als 10 % betragen bei einem Sättigungszustand entsprechend der Bemessungsspannung.

Der Wert beider Reaktanzen kann auch für andere Sättigungszustände in Übereinstimmung mit IEC 60034-4 festgelegt oder vereinbart werden. Falls vereinbart wird, dass die Werte durch Versuche zu bestimmen sind, muss der Versuch in Übereinstimmung mit IEC 60034-4 durchgeführt werden.

4.20 Toleranzen für das Leerlaufkurzschlussverhältnis und für die transienten und subtransienten Längsreaktanzen

Wenn die Grenzwerte dieser Norm oder andere Grenzwerte festgelegt oder vereinbart wurden, ist keine negative Abweichung auf untere Grenzwerte und keine positive Abweichung auf obere Grenzwerte erlaubt. In der jeweiligen Gegenrichtung ist eine Toleranz von 30 % anzuwenden.

Wenn Werte festgelegt, aber nicht ausdrücklich als Grenzwerte erklärt werden, sind sie als Bemessungswerte mit einer Grenzabweichungen von $\pm 15\%$ zu betrachten. Falls vom Käufer keine Werte festgelegt wurden, muss der Hersteller Werte angeben mit zulässigen Abweichungen von $\pm 15\%$.

4.21 Mechanische Bedingungen für Läufer

4.21.1 Anzahl von Anläufen

Falls nichts anderes vereinbart, muss der Läufer mechanisch so bemessen sein, dass er während seiner Lebensdauer aushält:

- üblicherweise nicht weniger als 3 000 Anläufe;
- für solche Läufer, die für Start-/Stop- Betrieb, z. B. einmal pro Tag, bemessen sind, nicht weniger als 10 000 Anläufe.

4.21.2 Betrieb mit der Drehvorrichtung

Der Betrieb eines Turbogeneratorsatzes mit einer Drehvorrichtung kann notwendig sein in erster Linie wegen Anforderungen seitens der Turbine. Ein Betrieb mit Drehvorrichtung kann auch notwendig sein um unzulässige Durchbiegung des Generator-/Phasenschieber- Läufers zu vermeiden. Ein Betrieb mit der Drehvorrichtung über längere Zeit kann den Läufer schadensanfällig machen und sollte begrenzt werden. Falls ein längerer Betrieb mit der Drehvorrichtung in Betracht gezogen wird, müssen zusätzliche Auslegungsmaßnahmen zur Minimierung der schädlichen Effekte Gegenstand einer Vereinbarung sein.

4.22 Kühler

Wenn nicht anderes vereinbart, müssen Kühler geeignet sein für eine Kaltwassereintrittstemperatur bis zu 32 °C und für einen Betriebsdruck von mindestens:

- 2,7 bar absolut (270 kPa) bei luftgekühlten Generatoren;
- 4,5 bar absolut (450 kPa) bei mit Wasserstoff und Flüssigkeit gekühlten Generatoren.

Der Prüfdruck muss das 1,5-fache des höchsten Betriebsdruckes betragen und 15 min anstehen.

Wird der Wasserdruck im Kühler durch ein Ventil oder eine Druckminderungseinrichtung geregelt, welche(s) an eine Wasserversorgung angeschlossen ist, deren Druck über dem Betriebsdruck des Kühlers liegt, so muss der Kühler für den höheren Druck bemessen sein und mit dem 1,5-fachen des höheren Drucks geprüft werden, wenn nicht anders vereinbart. Der Druck der Wasserversorgung ist vom Käufer festzulegen.

Zu Reinigungs- und Wartungszwecken müssen Kühler aus mehreren Elementen bestehen. Wenn ein Element außer Betrieb ist, dann soll die Einheit mindestens zwei Drittel (oder, falls vereinbart, einen anderen Bruchteil) ihrer Bemessungsleistung dauernd abgeben können, ohne dass die zulässigen Temperaturen der aktiven Teile des Generators/Phasenschiebers überschritten werden. Unter diesen Bedingungen darf die Temperatur des primären Kühlmittels den Bemessungswert überschreiten. Bei wasserstoff- und flüssigkeitsgekühlten Maschinen kann ein Kühler unter bestimmten Betriebsbedingungen einem Gasdruck ausgesetzt sein, ohne dass Wasserdruck vorliegt, z. B. während einer Wartung oder während Gas aus dem Gehäuse abgelassen wird. Kühler müssen deshalb für einen Differenzdruck von 8 bar (800 kPa) auf der Gasseite bemessen werden.

ANMERKUNG Werden dem Wasser Chemikalien beigemischt, z. B. Salz oder Glykol, kann das Kühlungsvermögen verschlechtert werden.

5 Luftgekühlte Generatoren oder Phasenschieber

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt bezieht sich auf Generatoren oder Phasenschieber, deren aktive Teile durch Luft gekühlt werden, entweder direkt oder indirekt oder durch eine Kombination der beiden Kühlungsarten.

5.2 Kühlsystem

Das Kühlsystem ist vorzugsweise als Kreislaufsystem auszuführen. Wenn ein offenes Kühlsystem festgelegt oder vereinbart wurde, muss dafür gesorgt werden, dass eine Verschmutzung der Kühlungswege vermieden wird, um so eine Überhitzung der Maschine und die Verschmutzung isolierter Oberflächen zu vermeiden.

Wenn Schleifringe zur Erregung vorhanden sind, müssen sie separat belüftet werden, um Verschmutzungen von Generator und Erregereinrichtung mit Bürstenstaub auszuschließen.

5.3 Temperatur des Primärkühlmittels

Generatoren oder Phasenschieber, die nicht von Gasturbinen angetrieben werden oder solche für kombinierte Gas und Dampf Anlagen (GUD), müssen IEC 60034-1 entsprechen.

Wenn bei Verwendung von Luft-Wasser-Kühlern die höchste Temperatur der Umgebungsluft oder der primären Kühlluft anders als 40 °C ist, gelten die entsprechenden Abschnitte von IEC 60034-1.

Besondere Anforderungen an von Gasturbinen angetriebene Generatoren sind in 7.2 und 7.3 behandelt.

5.3.1 Temperaturfühler

Zur Überwachung der Temperatur der Ständerwicklung sind mindestens sechs eingebaute Temperaturfühler (ETF) nach IEC 60034-1 einzubauen.

Die Anzahl der Temperaturfühler an den Eintrittsstellen der Kühlluft in den Generator muss vereinbart werden.

6 Wasserstoff- oder flüssigkeitsgekühlte Generatoren oder Phasenschieber

6.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt betrifft Generatoren oder Phasenschieber, deren aktive Teile direkt oder indirekt durch Wasserstoffgas oder eine Flüssigkeit oder mittels einer Kombination dieser Methoden gekühlt werden. In einigen Maschinen kann auch ein anderes Gas als Wasserstoff verwendet werden. In diesen Fällen gelten die gleichen Regeln, soweit anwendbar.

6.2 Wasserstoffdruck und -reinheit im Gehäuse

Der Hersteller muss den absoluten Wasserstoffdruck und die Wasserstoffreinheit im Gehäuse angeben, bei denen der Generator seine Bemessungsleistung abgibt.

Bevorzugte Werte für den absoluten Wasserstoffdruck sind:

bar	2	3	4	5	6	7
kPa	200	300	400	500	600	700

ANMERKUNG 1 Es ist zu beachten, dass eine Umrechnung des absoluten Drucks in den vor Ort gemessenen Überdruck erforderlich ist. Der reduzierte Druck der Umgebungsluft bei Höhen oberhalb von 1 000 m NN muss bei der Bemessung der Hilfseinrichtungen beachtet werden.

Wasserstoffgekühlte Maschinen müssen in der Lage sein, ihre Bemessungsleistung abzugeben bei einem volumenbezogenen Wasserstoffanteil von 95 % oder mehr, jedoch nicht notwendigerweise in Übereinstimmung mit den Temperaturanforderungen.

ANMERKUNG 2 Der Betrieb bei Bemessungsleistung und reduziertem Wasserstoffdruck kann die Lebensdauer von Isolierungen verkürzen. Für solche Fälle ist eine Absenkung der Last zu empfehlen.

ANMERKUNG 3 Wird ein Generator oder Phasenschieber mit einer wassergekühlten Ständerwicklung bei erniedrigtem Wasserstoffdruck betrieben, kann der maximale Wasserdruck innerhalb der Wicklung größer werden als der Wasserstoffdruck. Falls der Wasserkreislauf schadhaft ist, kann Wasser in den mit Wasserstoff gefüllten Innenbereich der Maschine gelangen. Dies kann zu Betriebsausfällen führen.

6.3 Gehäuse und Gehäuseabschlüsse

Das komplette Gehäuse und alle unter Druck stehenden Behältnisse (z. B. Kühltaschen), die mit Wasserstoff als Kühlmittel gefüllt sind, sind so zu bemessen, dass sie einer inneren Explosion eines explosionsfähigen Gemisches mit anfänglichem Atmosphärendruck ohne Gefahr für das Bedienpersonal standhalten. An jeder neuen Maschine muss eine hydrostatische Druckprüfung zum Nachweis der Festigkeit des Gehäuses, von Behältnissen und der Gehäuseabschlüsse durchgeführt werden. Als geeignete Prüfung gilt eine Druckprobe mit Wasser bei 9 bar absolut (900 kPa) über einen Zeitraum von 15 min.

Wenn der Hersteller die Wasserstoffsicherheit mit anderen Mitteln nachweisen kann, ist dies mit dem Käufer im Besonderen zu vereinbaren

ANMERKUNG In einigen Ländern können eingeführte Regeln oder Normen zusätzliche oder andere Prüfanforderungen auferlegen.

6.4 Klemmen der Ständerwicklung

Die Stromdurchführungen wasserstoffgekühlter Generatoren müssen für einen Gasdruck von mindestens 9 bar absolut (900 kPa) ausgelegt werden.