

	Umlaufende elektrische Maschinen Besondere Anforderungen an Dreiphasen-Turbogeneratoren	DIN VDE 0530 Teil 3
Diese auch vom Vorstand des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) e.V. genehmigte Norm ist damit zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter obenstehender Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.		
Rotating electrical machines; Specific requirements for turbine-type synchronous machines Machines électriques tournantes; Règles spécifiques pour les turbomachines synchrones		Ersatz für DIN 57530 Teil 3/ VDE 0530 Teil 3/09.78
Die Publikationen IEC 34-3, 4. Ausgabe 1988, „Rotating electrical machines; specific requirements for turbine-type synchronous machines“, und IEC 842, 1. Ausgabe 1988, „Guide for application and operation of turbine-type synchronous machines using hydrogen as a coolant“, sind in diese deutsche Norm übernommen worden. Damit ist auch CENELEC-HD 53.3 S1, das IEC 34-3, 4. Ausgabe 1988, entspricht, sachlich in diese Norm umgesetzt worden.		
Beginn der Gültigkeit Diese Norm (VDE-Bestimmung) gilt ab 1. April 1991. Daneben gilt DIN 57530 Teil 3/VDE 0530 Teil 3/09.78 noch für Turbogeneratoren, die vor dem 1. April 1991 bestellt wurden. Norm-Inhalt war veröffentlicht im Entwurf DIN VDE 0530 Teil 3/11.88.		
Fortsetzung Seite 2 bis 17		
Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Inhalt

	Seite		Seite
Hauptabschnitt 1 – Anwendungsbereich		31	Temperaturfühler 7
1 Anwendungsbereich	3	32	Kühler für Kühlgas oder Kühlflüssigkeit 7
Hauptabschnitt 2 – Allgemeines		33	Hilfseinrichtungen 7
2 Allgemeine Festlegungen	3	Hauptabschnitt 5 – Turbogeneratoren mit Antrieb durch Gasturbinen	
3 Bemessungsspannung	3	34	Betriebsbedingungen 8
4 Bemessungsdrehzahl	3	34.1	Temperatur des primären Kühlmittels 8
5 Spannungs- und Frequenzbereich	3	34.2	Anzahl der Anfahrten 8
6 Drehsinn und Bezeichnung der Klemmen	3	34.3	Leistungsaufnahme 8
7 Ständerwicklung	3	35	Bemessungsleistung und Leistungsbereiche 8
8 Erregerstrom und Erregerspannung	4	35.1	Bemessungsleistung 8
9 Wicklungsisolation	4	35.2	Leistungsbereiche 8
9.1 Isolierstoffklasse	4	35.2.1	Grundleistungsbereich 8
9.2 Dielektrische Prüfungen	4	35.2.2	Übertemperatur und Temperaturen im Grundleistungsbereich 9
10 Isolierung gegen Lagerströme	4	35.2.3	Spitzenleistungsbereich 9
11 Schleuderdrehzahl	4	35.2.4	Übertemperaturen und Temperaturen im Spitzenleistungsbereich 9
12 Kritische Drehzahlen	4	36	Leistungsschild 9
13 Leistungsdiagramm	4	37	Erwärmungsprüfungen 9
14 Anforderungen an die Überlastbarkeit	4	38	Betrieb als Synchronphasenschieber 9
15 Stoßkurzschluß	4	Bild 1	Betrieb in Spannungs- und Frequenzbereichen 10
16 Leerlaufkurzschlußverhältnis, transiente und subtransiente Längsreaktanzen	5	Bild 2	Typisches Leistungsdiagramm. 11
16.1 Leerlaufkurzschlußverhältnis	5	Bild 3	Typische Generator-Leistungskurven 12
16.2 Transiente und subtransiente Längsreaktanzen	5		
16.3 Grenzabweichungen für Leerlaufkurzschlußverhältnis und transiente und subtransiente Längsreaktanzen	5	Anhang A	
17 Mechanische Festigkeit für die Anzahl der Anfahrten von normalen Kraftwerksgeneratoren	5	Leitfaden für die Errichtung und den Betrieb von Turbogeneratoren mit Wasserstoff als Kühlmittel.	13
Hauptabschnitt 3 – Luftgekühlte Turbogeneratoren	5	A.1	Anwendungsbereich 13
18 Leistungsfaktor	5	A.2	Übliche Betriebszustände. 13
19 Leerlaufkurzschlußverhältnis	5	A.3	Schutzmaßnahmen für Schleifringe und angebaute Erregermaschinen 13
20 Maschinenkühlung	5	A.4	Ausführung der Hilfseinrichtungen. 13
21 Temperatur des Primärkühlmittels	6	A.5	Betrieb der Maschine und ihrer Hilfseinrichtungen 14
22 Temperaturfühler	6	A.6	Richtlinie für ausreichende Lüftung 15
23 Luftkühler	6	Bild A.1	Beispiel einer großen Wasserstoffversorgung außerhalb des Maschinenhauses zur Speisung einzelner oder mehrerer Generatoren (vereinfachtes Schema). 16
Hauptabschnitt 4 – Wasserstoff- oder flüssigkeitsgekühlte Turbogeneratoren		Zitierte Normen	17
24 Wasserstoffdruck im Gehäuse	6	Frühere Ausgaben	17
25 Leistungsfaktor	6	Änderungen	17
26 Leerlaufkurzschlußverhältnis	6	Erläuterungen	17
27 Maschinengehäuse und Abschlußteile	6		
28 Generatorklemmen	6		
29 Kühlmitteltemperaturen, Temperaturen und Übertemperaturen von Maschinen.	6		
30 Höhe des Ausstellungsortes	7		

Hauptabschnitt 1 – Anwendungsbereich

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Dreiphasen-Turbogeneratoren mit Bemessungsleistungen von 10 MVA und darüber.

Einzelne Festlegungen können gegebenenfalls auch auf Synchronmotoren oder Phasenschieber angewendet werden.

Diese Norm ergänzt die grundlegenden Anforderungen an umlaufende elektrische Maschinen nach DIN VDE 0530 Teil 1.

Diese Norm gilt nicht für Maschinen, die schon im Anwendungsbereich von DIN VDE 0530 Teil 1 ausgeschlossen sind.

Hauptabschnitt 2 dieser Norm enthält diejenigen besonderen Anforderungen, die für alle Turbogeneratoren gemeinsam gelten.

Hauptabschnitt 3 dieser Norm enthält zusätzliche Anforderungen an luftgekühlte Turbogeneratoren.

Hauptabschnitt 4 dieser Norm enthält zusätzliche Anforderungen an wasserstoff- oder flüssigkeitsgekühlte Turbogeneratoren.

Hauptabschnitt 5 dieser Norm enthält besondere Anforderungen an Turbogeneratoren, die von Gasturbinen angetrieben werden.

Anmerkung 1: Besondere Anforderungen an umlaufende oder statische Erregeranordnungen werden z. Z. noch bei IEC bearbeitet und sollen den Hauptabschnitt 6 dieser Norm bilden.

Anmerkung 2: Prüfungen zur Bestimmung des Wirkungsgrades und der Kenngrößen von Synchronmaschinen werden in DIN VDE 0530 Teil 2 und DIN VDE 0530 Teil 4 behandelt.

Hauptabschnitt 2 – Allgemeines

2 Allgemeine Festlegungen

Wenn in dieser Norm nichts anderes festgelegt ist, gelten für Turbogeneratoren die grundlegenden Anforderungen für umlaufende elektrische Maschinen in DIN VDE 0530 Teil 1. Wenn in der vorliegenden Norm eine „Vereinbarung“ angesprochen wird, soll sie stets als Vereinbarung zwischen dem Hersteller und dem Kunden verstanden werden.

3 Bemessungsspannung

Die Bemessungsspannung muß durch Vereinbarung festgelegt werden.

4 Bemessungsdrehzahl

Die Bemessungsdrehzahl beträgt 1500 min^{-1} oder 3000 min^{-1} für 50-Hz-Maschinen beziehungsweise 1800 min^{-1} oder 3600 min^{-1} für 60-Hz-Maschinen.

5 Spannungs- und Frequenzbereich

Die Maschine muß ihre Bemessungsleistung beim zugehörigen Leistungsfaktor dauernd abgeben können in einem Schwankungsbereich von $\pm 5 \%$ der Bemessungsspannung und von $\pm 2 \%$ der Bemessungsfrequenz, wie im schraffierten Teil von Bild 1 dargestellt. Die Grenzen der Übertemperaturen nach Tabellen 1 und 2 oder die Grenztemperaturen nach Tabelle 3 in DIN VDE 0530 Teil 1

gelten nur für den Betrieb bei Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz.

Anmerkung 1: Die Übertemperaturen oder die Temperaturen können mehr und mehr ansteigen, wenn sich der Betriebspunkt von den Bemessungswerten von Spannung und Frequenz entfernt. Dauerbetrieb mit der Bemessungsleistung an bestimmten Grenzen des schraffierten Bereichs verursacht Temperaturanstiege bis zu etwa 10 K.

Die Maschinen können ihre Leistung beim Bemessungs-Leistungsfaktor auch in einem Schwankungsbereich von $\pm 5 \%$ der Bemessungsspannung und von $\pm 3 \%$ der Bemessungsfrequenz erbringen, wie in den äußeren Grenzen von Bild 1 angezeigt, jedoch werden die Übertemperaturen dann weiter ansteigen.

Anmerkung 2: Um die Minderung der Lebensdauer infolge erhöhter Temperaturen oder Temperaturunterschiede zu begrenzen, muß der Betrieb außerhalb des schraffierten Bereiches in bezug auf das Ausmaß, die Dauer und die Häufigkeit eingeschränkt werden. Die Leistung muß, so bald wie betrieblich möglich, zurückgenommen werden oder es müssen andere, den Betriebszustand bessernde Maßnahmen ergriffen werden.

Ein Betrieb über einen noch größeren Bereich von Spannung und Frequenz sollte besonders vereinbart werden.

Anmerkung 3: Ein Betrieb mit erhöhter Spannung und abgesenkter Frequenz oder ein Betrieb mit abgesenkter Spannung bei erhöhter Frequenz wird als unwahrscheinlich angesehen. Der erstgenannte Fall ist jener, bei dem die Erwärmung der Erregerwicklung am wahrscheinlichsten ansteigt. In Bild 1 ist der Betrieb in diesen Quadranten deshalb so begrenzt, daß eine magnetische Übererregung bzw. eine Untererregung der Maschine und ihres Transformators 5 % nicht überschreitet.

Anmerkung 4: Einige der dargestellten Betriebsbereiche schränken den Spielraum an Erregung und Betriebsstabilität ein.

Anmerkung 5: Bei Betrieb mit abweichender Frequenz können Wirkungen außerhalb des Generators Bedeutung erlangen und sollten beachtet werden. Als Beispiele: Der Hersteller der Turbine wird im allgemeinen zulässige Frequenzbereiche und dabei zulässige Betriebsdauern für den Betrieb der Turbine festlegen. Die Eignung der Hilfsanlagen für den Betrieb im Spannungs- und Frequenzbereich sollte beachtet werden.

6 Drehsinn und Bezeichnung der Klemmen

Weil Turbogeneratoren nur für einen Drehsinn gebaut werden, der durch die Turbine bestimmt wird, brauchen die Festlegungen von DIN VDE 0530 Teil 8 nicht angewendet zu werden. Der Drehsinn ist an der Maschine oder auf ihrem Leistungsschild und die zugehörige zeitliche Phasenfolge der Spannungen durch die alphabetische Folge der Klemmenbezeichnung anzugeben, z. B. U1 V1 W1.

7 Ständerwicklung

Die Ständerwicklung kann entweder für Sternschaltung oder für Dreieckschaltung bemessen sein. Wenn jedoch nicht ausdrücklich anders vermerkt, wird Sternschaltung vorgesehen. Wenn nicht anders vereinbart, müssen in jedem Fall 6 Wicklungsenden herausgeführt werden.

8 Erregerstrom und Erregerspannung

Die Bemessungswerte von Erregerstrom und -spannung an der Erregerwicklung werden für die Bemessungsbedingungen (Scheinleistung, Spannung, Frequenz, Leistungsfaktor und – falls zutreffend – Wasserstoffdruck) benötigt. Die Erregerwicklung hat dabei ihre Betriebstemperatur entsprechend derjenigen Primärkühlmitteltemperatur, die sich unter obigen Bedingungen einstellt, wenn das äußere Kühlmittel seine höchste, vertraglich festgelegte Temperatur erreicht.

9 Wicklungsisololation

9.1 Isolierstoffklasse

Maschinenwicklungen sind entsprechend Isolierstoffklasse B oder einer höheren Isolierstoffklasse nach DIN VDE 0530 Teil 1 auszuführen.

9.2 Dielektrische Prüfungen

Hochspannungsprüfungen sind in Übereinstimmung mit DIN VDE 0530 Teil 1 vorzunehmen, ausgenommen die Prüfung der Erregerwicklungen. Deren Prüfspannungen sind:

- bei Bemessungserregerspannungen bis 500 V: 10fache Bemessungserregerspannung, mindestens 1500 V
- bei Bemessungserregerspannungen über 500 V: 4000 V + zweifache Bemessungserregerspannung.

10 Isolierung gegen Lagerströme

Es sind geeignete Maßnahmen zur Verhütung schädlicher Lagerströme und zur angemessenen Erdung der Wellen zu treffen. Erforderliche Isolierungen sind vorzugsweise so anzuordnen, daß ihre Funktion während des Betriebes der Maschine überprüft werden kann.

11 Schleuderdrehzahl

Läufer von Turbogeneratoren sind während 2 min mit der 1,2fachen Bemessungsdrehzahl zu prüfen.

12 Kritische Drehzahlen

Kritische Drehzahlen der Wellenanordnung des gesamten Turbosatzes dürfen innerhalb des nach Abschnitt 5 zulässigen Frequenzbereiches keine unbefriedigende Laufgüte verursachen (siehe auch IEC 45).

13 Leistungsdiagramm

Der Hersteller muß ein Leistungsdiagramm zur Verfügung stellen, daß die Grenzen des Betriebes angibt, die sich aus Temperaturen oder Erwärmungen und – falls zutreffend – statischer Stabilität ergeben. Das Diagramm soll den Betriebsbereich bei Bemessungsspannung und -frequenz und – im Fall einer wasserstoffgekühlten Maschine – beim Bemessungswert des Wasserstoffdruckes zeigen.

Ein typisches Diagramm ist im Bild 2 dargestellt. Seine Umrandungen sind durch die folgenden Begrenzungen gegeben:

- Kurve A bezeichnet einen Betrieb mit konstant gehaltenem Bemessungserregerstrom und demzufolge nahezu 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 der Endzonen des Blechpaketes oder auf die praktische statische Stabilität oder eine Kombination von beiden.

Nach Vereinbarung können andere Diagramme geliefert werden, die an andere Betriebswerte im Rahmen des Spannungs-Frequenzbereiches nach Abschnitt 5 angepaßt sind oder auch für andere als den Bemessungswert des Wasserstoffdruckes gelten (z. B. A'B'C').

Der Generator sollte innerhalb der Begrenzungen des Diagramms passend zu den Betriebswerten von Spannung, Frequenz und gegebenenfalls Wasserstoffgasdruck betrieben werden. Ein Betrieb außerhalb dieser Begrenzungen hat eine Verminderung der Lebenserwartung der Maschine zur Folge.

14 Anforderungen an die Überlastbarkeit

Maschinen mit einer Bemessungsleistung bis zu 1200 MVA müssen, ohne Schaden zu nehmen, einen Ständerstrom von 1,5fachem Bemessungsstrom 30 s lang ertragen können.

Für Leistungen oberhalb von 1200 MVA sollte eine Zeit unter 30 s vereinbart werden, die mit steigender Leistung bis zu einem Mindestwert von 15 s absinkt, wobei der zulässige Überstrom beim 1,5fachen Bemessungsstrom bleibt.

Die Maschine muß andere Kombinationen von Überstrom und Zeit ertragen können, die das gleiche Maß an zusätzlicher Wärme erzeugen. Folglich gilt für Maschinen bis zu 1200 MVA Bemessungsleistung:

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

wobei i der bezogene Wert des Ständerstromes und t die Zeit in Sekunden ist. Dieser Zusammenhang soll für t zwischen 10 s und 60 s gelten.

Anmerkung: Bekanntlich überschreiten die Ständertemperaturen unter solchen Bedingungen die Werte bei der Bemessungsleistung. Die Bemessung der Maschine geht daher von der Annahme aus, daß ein Betrieb im Grenzbereich dieser Überlast nicht häufiger als zweimal im Jahr vorkommt.

15 Stoßkurzschluß

Die Maschine ist so zu bauen, daß sie einen Stoßkurzschluß – gleich welcher Art – bei Bemessungslast und 1,05facher Bemessungsspannung an ihren Klemmen, ohne Schaden zu nehmen, aushält, vorausgesetzt, daß der größte Phasenstrom durch äußere Mittel auf einen Wert begrenzt wird, der nicht über dem höchsten Phasenstrom beim 3poligen Kurzschluß liegt. „Ohne Schaden“ soll heißen, daß die Maschine keine Beschädigung erfährt, die zwangsläufig zur Abschaltung führt, obwohl eine gewisse Verformung der Ständerwicklung möglicherweise eintritt.

Wenn ein Stoßkurzschlußversuch zum Zeitpunkt der Bestellung für die neue Maschine vereinbart wird, soll er nach der mit voller Prüfspannung ausgeführten Hochspannungs-Abnahmeprüfung in folgender Weise durchgeführt werden:

Arbeitet die Maschine direkt auf ein Netz, so soll ein 3phasiger Stoßkurzschlußversuch bei Leerlauf und Bemessungsspannung an den Maschinenklemmen durchgeführt werden. Wird die Maschine jedoch über ihren eigenen Blocktransformator oder eine andere Reaktanz mit dem Netz verbunden – üblicherweise über eine einzeln gekapselte Ableitung –, so soll der Versuch bei verminderter Spannung an den Klemmen ausgeführt werden. Der Betrag der Spannungsminderung ist zwischen Hersteller und Be-

treiber so zu vereinbaren, daß der zu erwartende Stoßkurzschlußstrom demjenigen bei einem 3phasigen Stoßkurzschluß im Betrieb an den Hochspannungsklemmen des Transformators entspricht.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn die Maschine anschließend ohne Reparatur oder nach nur geringfügiger Reparatur an der Ständerwicklung für betriebsbereit befunden wird und eine Spannungsprüfung nach DIN VDE 0530 Teil 1 mit 80 % der Prüfspannung für die neue Maschine besteht. Der Begriff „geringfügige Reparatur“ beinhaltet gewisse Arbeiten an der Abstützung und Versteifung der Wickelklöpfe und deren Isolierung, nicht jedoch das Auswechseln von Wicklungsstäben.

Anmerkung: Ungewöhnlich hohe Ströme und Drehmomente können sich auch im Betrieb einstellen als Folge von Netzkurzschlüssen im Nahbereich des Kraftwerks oder als Folge von Fehlerfortschaltung und Wiedereinschaltung bei einem entfernten Netzkurzschluß oder infolge von Fehlsynchronisation. Falls solche Ereignisse tatsächlich hohe Überströme verursachen, ist es ratsam, die Maschine gründlich zu überprüfen, mit besonderer Beachtung der Ständerwicklung. Lockerungen von Abstützungen oder Versteifungen sollten beseitigt werden, ehe die Maschine wieder in Betrieb genommen wird, um so durch Schwingungen verursachte Nachfolgeschäden zu vermeiden. Auch kann es wünschenswert sein, die Kupplungsbolzen, die Kupplungen und die Wellen auf mögliche Verformungen hin zu überprüfen.

16 Leerlaufkurzschlußverhältnis, transiente und subtransiente Längsreaktanzen

16.1 Leerlaufkurzschlußverhältnis

Genormte untere Grenzwerte des Leerlaufkurzschlußverhältnisses werden in den Abschnitten 19 und 26 genannt. Höhere Werte können festgelegt oder vereinbart werden, führen aber im allgemeinen zu größeren Maschinenabmessungen.

16.2 Transiente und subtransiente Längsreaktanzen

Transiente und subtransiente Längsreaktanzen müssen unter Beachtung der Betriebsbedingungen festgelegt oder vereinbart werden. Es ist zweckmäßig, einen unteren Grenzwert der subtransienten Längsreaktanz bei einem Sättigungszustand entsprechend Bemessungsspannung und gegebenenfalls einen oberen Grenzwert der transienten Längsreaktanz bei einem ungesättigten Zustand entsprechend Bemessungsstrom festzulegen oder zu vereinbaren. Da diese beiden Reaktanzen sich zu einem großen Teil aus gemeinsamen magnetischen Flüssen ableiten, muß bedacht werden, daß die festgelegten oder vereinbarten Werte zueinander passen; d. h., die obere Grenze der subtransienten Reaktanz darf nicht zu nahe an die untere Grenze der transienten Reaktanz gelegt werden.

Wenn nicht anders festgelegt oder vereinbart, muß der Wert der subtransienten Längsreaktanz mindestens 10 % betragen, bei einem Sättigungszustand entsprechend Bemessungsspannung.

Der Wert beider Reaktanzen kann auch für andere Sättigungszustände in Übereinstimmung mit DIN VDE 0530 Teil 4 festgelegt oder vereinbart werden.

Falls zur Bestimmung der Werte ein Versuch vereinbart wird, muß dieser DIN VDE 0530 Teil 4 entsprechen.

16.3 Grenzabweichungen für Leerlaufkurzschlußverhältnis und transiente und subtransiente Längsreaktanzen

1. Wenn die Grenzwerte dieser Norm oder andere Grenzwerte festgelegt oder vereinbart wurden, ist keine Grenzabweichung in der jeweils bedeutsamen Richtung zulässig, d. h. keine negative Grenzabweichung auf untere Grenzwerte und keine positive Grenzabweichung auf obere Grenzwerte. In der Gegenrichtung ist eine Grenzabweichung von 30 % anzuwenden.
2. Wenn Werte festgelegt, aber nicht ausdrücklich als Grenzwerte erklärt werden, sind sie als Bemessungswerte zu betrachten und mit einer Grenzabweichung von $\pm 15\%$ zu werten.
3. Falls keine Werte festgelegt oder vereinbart wurden, muß der Hersteller nach bestem Wissen Bemessungswerte angeben, auf die Grenzabweichungen von $\pm 15\%$ anzuwenden sind.

17 Mechanische Festigkeit für die Anzahl der Anfahrten von normalen Kraftwerksgeneratoren

Wenn nicht anders vereinbart, muß der Läufer mechanisch für mindestens 3000 Anfahrten während seiner Lebenszeit bemessen sein.

Hauptabschnitt 3 – Luftgekühlte Turbogeneratoren

Dieser Hauptabschnitt betrifft Maschinen, deren aktive Teile direkt, indirekt oder mittels einer Kombination beider Methoden durch Luft gekühlt werden.

18 Leistungsfaktor

Genormte Bemessungsleistungsfaktoren an den Maschinenklemmen sind 0,8 und 0,85 (übererregt).

Anmerkung: Andere Werte dürfen vereinbart werden; niedrige Bemessungswerte des Leistungsfaktors erfordern größere Maschinenabmessungen.

19 Leerlaufkurzschlußverhältnis

Der gemessene Wert des Leerlaufkurzschlußverhältnisses bei Bemessungsspannung und Bemessungsstrom soll sein:

- für Bemessungsleistungen bis einschließlich 80 MVA: mindestens 0,45;
- für Bemessungsleistungen oberhalb 80 bis einschließlich 150 MVA: mindestens 0,4;
- für Bemessungsleistungen über 150 MVA: nach Vereinbarung.

20 Maschinenkühlung

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 zu vermeiden. Schleifringe müssen getrennt belüftet werden, um Verschmutzungen von Generator und Erregermaschine im Bürstenstaub auszuschließen.

21 Temperatur des Primärkühlmittels

Maschinen, die nicht von Gasturbinen angetrieben werden, sind nach DIN VDE 0530 Teil 1 zu bemessen. Wenn die höchste Temperatur der Umgebungsluft oder der primären Kühlluft bei Verwendung von Luft-Wasser-Kühlern anders als 40 °C ist, gelten die entsprechenden Abschnitte in DIN VDE 0530 Teil 1.

Maschinen, die von Gasturbinen angetrieben werden, sind in den Abschnitten 34 und 35 behandelt.

22 Temperaturfühler

Zur Überwachung der Temperaturen der Ständerwicklung sind mindestens 6 Temperaturfühler nach DIN VDE 0530 Teil 1 einzubauen.

Die Anzahl der Temperaturfühler an den Eintrittsstellen der Kühlluft in die Maschine muß vereinbart werden.

23 Luftkühler

Wenn nicht anders vereinbart, müssen Kühler für eine höchste Wassertemperatur von 32 °C am Eintritt und einen Betriebsüberdruck von mindestens 1,7 bar (170 kPa) geeignet sein.

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

Wird der Wasserdruck im Kühler durch ein Ventil oder eine Reduziereinrichtung geregelt, die 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 1,5fachen des höheren Druckes geprüft werden, wenn nicht anders vereinbart. Der Druck in der Wasserversorgung ist vom Betreiber festzulegen.

Wenn ein Teil der Kühler zu Reinigungszwecken abgeschaltet werden muß, sind die Kühler so zu bemessen, daß der Generator mindestens $\frac{2}{3}$ (oder – falls vereinbart – einen kleineren Teil) seiner Bemessungsleistung dauernd abgeben kann, ohne daß die zulässigen Temperaturen der aktiven Teile der Maschine überschritten werden. In diesem Fall darf die Temperatur der primären Kühlluft den Bemessungswert (z. B. 40 °C) überschreiten.

Hauptabschnitt 4 – Wasserstoff- oder flüssigkeitsgekühlte Turbogeneratoren

Dieser Hauptabschnitt betrifft Maschinen, deren aktive Teile direkt oder indirekt durch Wasserstoffgas oder eine Flüssigkeit oder mittels einer Kombination dieser Methoden gekühlt werden. In einigen Fällen werden auch andere Kühlgase als Wasserstoff verwendet. Die Festlegungen gelten dann, soweit sie durch die Art der Kühlmittel nicht beeinflußt werden.

24 Wasserstoffdruck im Gehäuse

Der Hersteller muß (z. B. auf dem Leistungsschild) angeben, bei welchem Wasserstoffdruck die Maschine ihre Bemessungsleistung abgibt. Bevorzugte Werte für den Wasserstoffüberdruck sind:

1	2	3	4	5	6	bar
100	200	300	400	500	600	kPa

25 Leistungsfaktor

Genormte Bemessungsleistungsfaktoren an den Maschinenklemmen sind 0,85 und 0,9 (übererregt).

Anmerkung: Andere Werte dürfen vereinbart werden; niedrigere Bemessungswerte des Leistungsfaktors erfordern größere Maschinenabmessungen.

26 Leerlaufkurzschlußverhältnis

Der gemessene Wert des Leerlaufkurzschlußverhältnisses bei Bemessungsspannung und Bemessungsstrom soll sein:

- für Bemessungsleistungen bis einschließlich 200 MVA: mindestens 0,45,
- für Bemessungsleistungen oberhalb 200 bis einschließlich 800 MVA: mindestens 0,4,
- für Bemessungsleistungen oberhalb 800 MVA: mindestens 0,35.

27 Maschinengehäuse und Abschlußteile

Das komplette Maschinengehäuse und alle zum Abschluß dienenden Teile für Wasserstoff als Kühlmittel (z. B. Dekkel über Kühlern) sind so bemessen, daß sie einer inneren Explosion eines explosionsfähigen Gemisches mit anfänglichem Atmosphärendruck ohne Gefahr für das Kraftwerkpersonal standhalten. Auf Verlangen des Betreibers zum Zeitpunkt der Bestellung muß eine hydrostatische Druckprüfung zum Nachweis der Festigkeit des Gehäuses und der zum Abschluß dienenden Teile durchgeführt werden. Als geeignete Prüfung gilt eine Druckprobe mit 8 bar (800 kPa) Überdruck 15 min lang.

Anmerkung: In einigen Ländern können althergebrachte feststehende Regeln oder Bestimmungen andere Prüfanforderungen auferlegen.

28 Generatorklemmen

Die Stromdurchführungen für wasserstoffgekühlte Generatoren sind für einen Überdruck von mindestens 8 bar (800 kPa) zu bemessen (s. a. Anmerkung zu Abschnitt 27). Die Durchführungsisolatoren sind unabhängig von der Maschinenwicklung zu prüfen und müssen im trockenen Zustand einer Prüfung in Luft mit Wechselspannung der Bemessungsfrequenz und mindestens der 1,5fachen Prüfspannung der Ständerwicklung 1 min lang standhalten.

Anmerkung: Flüssigkeitsgekühlte Durchführungen dürfen ohne ihre Kühlmittelanschlüsse geprüft werden.

29 Kühlmitteltemperaturen, Temperaturen und Übertemperaturen von Maschinen

Maschinen, die nicht von Gasturbinen angetrieben werden, sind nach DIN VDE 0530 Teil 1 zu bemessen. Wenn die höchste Temperatur des jeweiligen primären Kühlmittels – Wasserstoff oder Flüssigkeit – anders als 40 °C vereinbart wurde (z. B., um eine wirtschaftlich günstigere Auslegung der Kühler im Hinblick auf die gegebene höchste Temperatur des sekundären Kühlmittels zu erreichen), so gelten:

- für indirekt gekühlte Maschinen die passenden Abschnitte in DIN VDE 0530 Teil 1 für die Anpassung der Übertemperatur von luftgekühlten Maschinen
- für direkt gekühlte Maschinen unverändert die absoluten Temperaturen der entsprechenden Tabelle in der Norm DIN VDE 0530 Teil 1.

Anmerkung: Die Abweichung der höchsten Temperatur des Kühlmittels von 40 °C soll im allgemeinen nicht mehr als ± 10 K betragen, um übermäßige Übererwärmungen oder übermäßig hohe Temperaturbereiche zu vermeiden.

Maschinen, die von Gasturbinen angetrieben werden, sind in den Abschnitten 34 und 35 behandelt.