

3 DIN EN 60034-3 (VDE 0530-3) Besondere Anforderungen Synchrongeneratoren angetrieben von Dampf- oder Gasturbinen

3.1 Anwendungsbereich

Diese Erläuterungen stützen sich auf die sechste Ausgabe von DIN EN 60034-3 (VDE 0530-3) ab. Im Gegensatz zu der kurzlebigen Vorgängernorm (Ausgabe fünf von IEC 60034-3 aus dem Jahr 2005) fallen Synchronmotoren nicht unter den Geltungsbereich der Norm. Erstmals gilt Teil 3 für alle Synchrongeneratoren, die von Dampf- oder Gasturbinen angetrieben werden, er umfasst also auch Schenkelpolgeneratoren für diesen Anwendungsbereich.

Der Inhalt eines lange Zeit nur in einem Beiblatt zu Teil 3 enthaltenen Leitfadens für die Errichtung und den Betrieb von Turbogeneratoren mit Wasserstoff als Kühlmittel gemäß IEC 60842 ist jetzt in den Hauptteil integriert.

3.2 Allgemeines (4)

3.2.1 Ständerwicklung (4.8)

Zum überwiegenden Teil werden die Ständerwicklungen von Turbogeneratoren in Sternschaltung ausgeführt.

Die Dreieckschaltung lässt Stromüberschwingungen in den Strangströmen mit Frequenzen zu, die ein durch drei teilbares Vielfaches der Netzfrequenz betragen. Diese Ströme verursachen zusätzliche Verluste und damit eine Erhöhung der Erwärmung der Maschine. Eine Dreieckschaltung muss auch deshalb besonders vereinbart werden, weil sie im Vergleich zur Sternschaltung eine andere Anordnung und Schaltung der Wandler bedingt.

3.2.2 Erregerstrom und Erregerspannung (4.9)

Die Anforderungen an das Erregersystem werden in DIN EN 60034-16-x definiert. Als Mindestwert für den Mittelwert der Erregungsgeschwindigkeit hat sich der Wert von 1 s^{-1} bei Turbogeneratoren bewährt.

Hinsichtlich der Prüfspannung, der Stromüberlastbarkeit und des Stoßkurzschlussstroms sollen für das Erregersystem dieselben Anforderungen wie für die Erregerwicklung des Turbogenerators gelten.

In der Vergangenheit hat es sich bewährt, das Erregersystem mit einer gewissen Reichlichkeit auszulegen, auch im Hinblick darauf, dass sich der Erregerstrom an der oberen Grenze des Regelbereichs erhöht. Dazu hat es in früheren Ausgaben die Forderung nach einer Reichlichkeit von 10 % gegeben, was auch heute noch als vernünftig erscheint.

3.2.3 Stehspannungsprüfungen (4.10.2)

Die angegebenen Prüfspannungen der Erregerwicklung ergeben auch für die Deckenspannung eine genügende Sicherheit. Es ist jedoch zu beachten, dass bei Stromrichtererregung die Deckenspannung in Form kurzer Impulse fortwährend anliegen kann. Bei hohen Deckenspannungen, z. B. solche über 1 000 V, sollten in der Spezifikation die Anstiegszeiten (z. B. $< 5 \mu\text{s}$) genannt werden, damit der Generatorhersteller sein Isoliersystem unter dem Gesichtspunkt dieser Beanspruchung überprüfen kann. Es besteht die Gefahr einer Überbeanspruchung der Isolierung der ersten Windungen durch ungleichförmige Aufteilung der Impulsspannungen auf die Windungen.

3.2.4 Isolierung gegen Lagerströme (4.11)

Moderne Stromrichtererregungen können nennenswerte kapazitive Ströme verursachen, die durch die Lagerisolierung nicht verhindert werden. Zur Vermeidung von Lagerschäden ist daher besonderes Gewicht auf die Erdung der Welle zu legen. Insbesondere ist darauf zu achten, dass die Erdungsbürsten auch bei den im Betrieb auftretenden Wellenschwingungen nicht abheben bzw. durch Verschmutzung (z. B. durch Ölfilm) unwirksam werden.

Auch Lagerströme, die von Wellenflüssen durch unipolare Induktion hervorgerufen werden, können durch die Lagerisolierung nicht verhindert werden. Deshalb sind homopolare Felder, die sich außerhalb der Wicklungsköpfe im Stirnraum zwischen Läufer und Ständerrücken schließen und dabei radial durch die Lager treten, durch geeignete Schaltung der Generatorwicklung oder sonstige konstruktive Maßnahmen weitgehend zu unterdrücken.

3.2.5 Leistungsdiagramm (4.14)

Für die lineare, sättigungsfreie Maschine ergäbe sich im übererregten Bereich als Kurve für konstanten Erregerstrom ein Kreisbogen um den Schnittpunkt P_C der verlängerten Geraden C mit der Blindleistungsachse. Bei der realen Maschine weicht die Kurve A infolge lastpunktabhängiger Sättigung davon ab (**Bild 3.1**).

Bei Einhaltung der Begrenzungslinien C für Untererregung werden näherungsweise konstante Übertemperaturen der Blechpaketendzonen eingehalten (Bild 3.1). Durch vorteilhafte Gestaltung der Endzonen und ihre intensive Kühlung wird allerdings

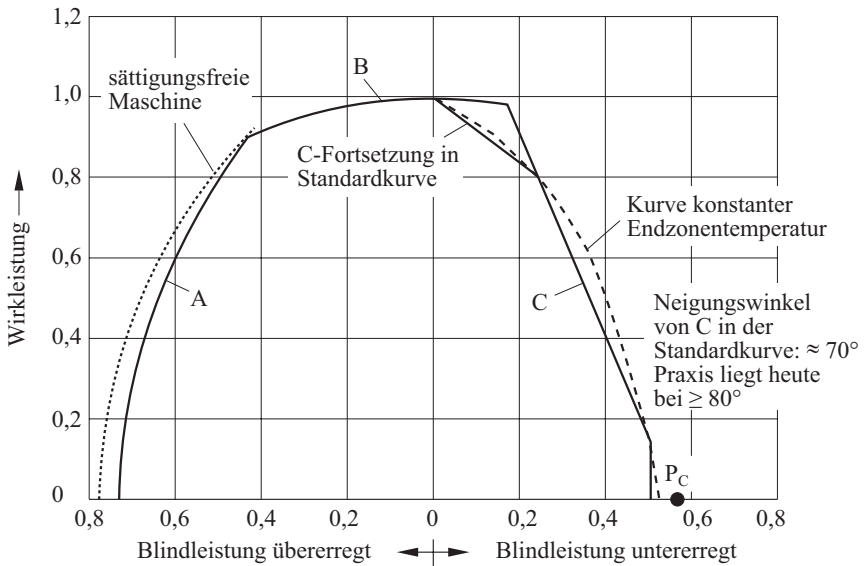


Bild 3.1 Erläuterungen zum „Standardleistungsdiagramm“ Bild 2 in DIN EN 60034-3 (VDE 0530-3):2009-03

bei modernen Turbogeneratoren in der Regel auch im untererregten Betrieb ein so niedriges Temperaturniveau gewährleistet, dass die Endzonenerwärmung als Grund für die Begrenzung der lieferbaren Blindleistung des Turbogenerators praktisch entfällt. Daher werden von den meisten Herstellern heute größere Blindleistungen im untererregten Bereich zugelassen als im „Standardleistungsdiagramm“ dargestellt. In derartigen Fällen wird der untererregte Bereich in der Regel nur noch durch eine einzige, durchgehende Gerade begrenzt, deren Neigungswinkel sich dem der theoretischen Grenze für die statische Stabilität annähert (90°).

Im gegebenen Zusammenhang ist jedoch herauszustreichen, dass die Untererregungsbegrenzung des Leistungsdiagramms lediglich eine Aussage in Bezug auf die Belastungsfähigkeit des Generators macht. Anlagenbezogene Belange, z. B. der Einfluss von vorgeschalteten Transformatorreaktanzen usw., sind naturgemäß nicht erfasst. In Absprache mit dem Käufer kann aber die für die spezielle Anlagenkonfiguration gültige praktische Stabilitätsgrenze zusätzlich in das Leistungsdiagramm eingezeichnet werden.

Bei wasserstoffgekühlten Generatoren mit wassergekühlter Ständerwicklung hat sich das Sicherheitskonzept „Gasdruck größer als max. Primärwasserdruck im Wicklungsbereich“ bewährt. Daher sollte bei Notbetrieb mit abgesenktem Gasdruck und reduzierter Leistung auch der Primärwasserdruck ggf. abgesenkt werden, damit

der Gasdruck im Wicklungsbereich weiterhin größer als der Primärwasserdruck ist. Hierbei sind ggf. gleichzeitig die Einstellwerte zur Auslösung von Alarm und Schutz anzupassen. Die Maßnahme ist mit dem Hersteller abzustimmen. Wenn der Primärwasserdruck nicht abgesenkt werden kann, sollte für die Angabe eines Kurvenzugs im Leistungsdiagramm für abgesenkte Leistung der Wasserstoffdruck so gewählt werden, dass er innerhalb des Wicklungsbereichs nicht unter den max. Primärwasserdruck fällt. Bei einem Leck im Primärwasserkreis würde sonst Wasser aus der Wicklung heraus in das Maschineninnere eintreten.

3.2.6 Anforderungen an die Überlastbarkeit (4.15)

Die vom Generatorläufer zu ertragenden Dauer- und Kurzzeitschieflasten sind in DIN IEC 60034-1 (**VDE 0530-1**), Abschnitt 7.2.3, festgelegt.

Die Formel für die Kurzzeit-Ständerstromüberlastung geht von der Annahme adiabatischer Erwärmung aus. Dabei übersteigt die Temperatur der Ständerwicklung natürlich jene für den Bemessungsbetrieb kurzzeitig um einen bestimmten Wert. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, die volle Ausnutzung der formelmäßig zulässigen Grenzwerte bei Maschinen großer Leistung im Einzelfall zu überdenken. Turbogeneratoren großer Leistung werden mit der zwei- bis dreifachen Stromdichte kleiner Generatoren ausgelegt. Die dadurch in Grenzen gehaltenen Maschinenabmessungen begrenzen die Wicklungs- und Läuferolumina und damit deren Wärmekapazitäten. Dementsprechend reagieren die Wicklungen hoch ausgenutzter Generatoren großer Leistung mit kleinen thermischen Zeitkonstanten (ca. 400 s beim 200-MVA- und 60 s beim 800-MVA-Generator). Demnach müsste aber gerade der hoch ausgenutzte Großgenerator die vier- bis neunfachen Übertemperaturen ertragen, verglichen mit dem kleineren Turbogenerator. Die Absenkung von 30 s auf nicht weniger als 15 s, für die ein Generator für Leistungen über 1 200 MVA den 1,5-fachen Bemessungsstrom ertragen können muss, entspricht nur unvollkommen den physikalischen Gegebenheiten.

3.2.7 Stoßkurzschluss (4.16)

Nach wie vor gilt der Stoßkurzschluss unter betrieblichen Bedingungen als das Kriterium für die stoßfeste Bemessung der Wicklungen und Wellenabschnitte.

Große Dreiphasen-Turbogeneratoren sind in der Regel über einen Maschinentransformator mit dem Hochspannungsnetz verbunden. Da die Generatorableitungen (Verbindungen von den Generatordurchführungen zu den niederspannungsseitigen Transformatordurchführungen) üblicherweise durchgängig mit Aluminiumrohren verkleidet sind, können direkte Kurzschlüsse an den Generatorklemmen weitgehend ausgeschlossen werden. Dann kann nur mit Kurzschlüssen auf der Oberspannungsseite des Transformators gerechnet werden, sodass die Impedanz des vorgeschalteten Transformators als kurzschlussstrombegrenzend mitgerechnet werden darf. Dem