

Schwingungsprobleme im GuD-Kraftwerk

In einem bestehenden Heizkraftwerk wurde eine neue GuD-Anlage zur Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades errichtet. Im Rahmen dieses Umbaus wurde eine neue Gasturbine sowie eine neue Dampfturbine zur Stromerzeugung installiert (Abb. 1). Die gesamte Leistung beträgt ca. 80 MW elektrisch und ca. 90 MW thermisch.

Während der Inbetriebnahme der Dampfturbine wurden an dem Getriebe, welches zwischen der Dampfturbine und dem Generator installiert ist, hohe Schwingungen beobachtet. Eine vom Getriebehersteller durchgeführte Schwingungsuntersuchung hat gezeigt, dass das Getriebe für die erhöhten Schwingungen nicht verantwortlich war. Zur Ermittlung der Anregungsmechanismen für die bemängelten Schwingungen wurde daraufhin KÖTTER Consulting Engineers (KCE) mit der Durchführung einer Schwingungsanalyse beauftragt.

Zunächst wurde die Schwingungssituation während des An- und Abfahrens sowie bei maximaler Last an den Lagerstellen der Dampfturbine, des Getriebes und des Generators aufgezeichnet. Dabei wurde festgestellt, dass die Schwingungen im Bereich des Getriebes am höchsten sind.

Während die gemessenen Schwinggeschwindigkeiten an den Lagerstellen des Generators und der Dampfturbine auch bei maximaler Leistung innerhalb der zulässigen Werte lagen, waren die Schwingungen am Getriebe mit Werten von über 7,5 mm/s (RMS) nicht akzeptabel. Die Analyse des Schwingungsverhaltens während des Anfahrvorgangs zeigte, dass kurz vor dem Erreichen der Nenndrehzahl sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung eine Resonanz mit deutlich überhöhten Schwingwerten durchfahren wird (Abb. 2 links).

Die höchsten Schwingungen treten in vertikaler Richtung bei ca. 1340 RPM und in horizontaler Richtung bei ca. 1470 RPM auf. Insbesondere in der horizontalen Richtung ist damit der Abstand von der Resonanzdrehzahl bis zur Nenndrehzahl viel zu gering. Verantwortlich für die hohen Schwingungen am Getriebe waren die Schwingungen bei der einfachen Drehfrequenz der langsamlaufenden Getriebewelle (25 Hz = 1500 RPM).

Der gesamte Maschinenstrang war auf einem Turbinentisch aus Beton montiert. Die im Vorfeld berechneten Eigenfrequenzen dieses Tisches hatten einen ausreichenden Abstand zur Drehfrequenz der langsam- und schnelllaufenden Wellen. Auch deutete die Schwingungsüberhöhung ausschließlich am Getriebe nicht auf eine Eigenfrequenzanregung des Turbinentisches hin. Das Problem musste daher woanders liegen. Die genaue Betrachtung der Aufstellbedingungen des Getriebes ergab, dass die Ölwanne, auf der das Getriebe montiert war, nur an den Eckpunkten auf dem Turbinentisch befestigt war. Dazwischen waren Nivellierelemente zwischen Boden und Ölwanne eingebaut, die eine Ausrichtung des Getriebes zwischen Generator und Dampfturbine erleichtern sollten. Diese Elemente waren an den Ecken des Ölbehälters angeordnet. Die genaue Analyse der Schwingungsform des Ölbehälters hatte gezeigt, dass der Ölbehälter sich wie eine Membrane verhält, wobei die Schwingungen in der Mitte des Behälters deutlich größer waren als an den Eckpunkten. In einem ersten Ansatz wurde daher versucht, durch eine Vergrößerung der Anzahl dieser Elemente die Eigenfrequenz auf Werte deutlich oberhalb der Nenndrehfrequenz des Generators zu verschieben. Die zusätzlichen Elemente wurden dabei in der Mitte unterhalb des Ölbehälters angeordnet, um die Durchbiegung des Behälters hier zu behindern.

MASCHINENDYNAMIK

Im Vergleich zur Ausgangssituation konnte die Resonanz in vertikaler Richtung deutlich zu höheren Frequenzen hin verschoben werden. In der horizontalen Richtung dagegen war die Verschiebung der Resonanzfrequenz nur gering. Die Anlage läuft weiterhin knapp oberhalb der Resonanzfrequenz (Abb. 2 mitte). Da eine weitere Vergrößerung der Steifigkeiten insbesondere in der horizontalen Richtung nur mit erheblichem Aufwand realisiert werden konnte, wurde gemeinsam mit dem Anlagenplaner, dem Anlagenbauer und dem Statiker überlegt, ob nicht eine Verringerung der Steifigkeiten unterhalb des Ölbehälters möglich wäre. Trotz anfänglicher Bedenken wurde entschieden, für einen Testlauf die Befestigungsschrauben, mit denen der Ölbehälter auf der Fundamentplatte befestigt ist, zu lösen und einzelne Nivellierelemente zu entlasten, um somit die Steifigkeit insbesondere in der horizontalen Richtung zu verringern. Um sicher zu gehen, dass durch diese Maßnahme keine wesentliche Verschlechterung der Situation erzielt wird, wurden die Schrauben während des Betriebes der Anlage langsam gelöst. Hierbei konnte bereits eine Verringerung der Schwinggeschwindigkeiten beobachtet werden.

Im Vergleich zur Ausgangssituation mit 7,5 mm/s RMS wurden jetzt Schwinggeschwindigkeiten von maximal 2,8 mm/s RMS an den Lagern des Getriebes bei maximaler Leistung gemessen. Abschließend wurde die Anlage abgefahren und die Verschiebung der Resonanzfrequenzen dokumentiert (Abb. 2 rechts).

Da auch beim Resonanzdurchlauf keine übermäßigen Schwingungen an den Lagern der Anlage auftraten, wurde beschlossen, die Anlage in dem aktuellen Zustand zu belassen.

Wie dieses Beispiel zeigt, muss eine Vergrößerung der Steifigkeiten nicht immer zum Ziel führen. Wichtig ist, dass der Abstand zwischen der Resonanzdrehzahl und der Betriebsdrehzahl so groß ist, dass im Betrieb keine unzulässige Schwingungsüberhöhung auftritt.

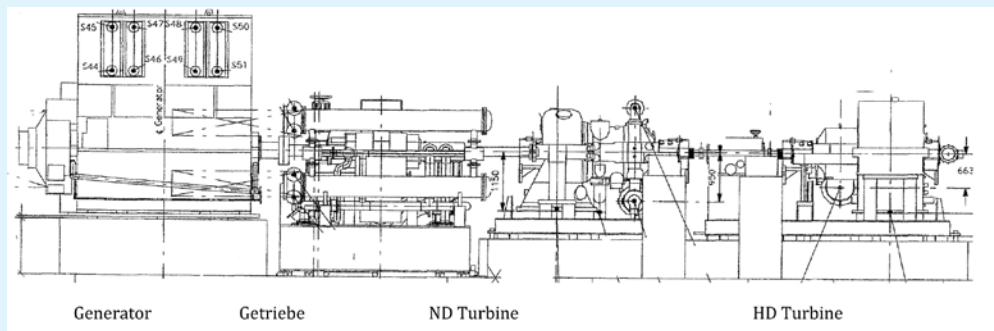


Abbildung 1: Aufbau einer Dampfturbine

MASCHINENDYNAMIK

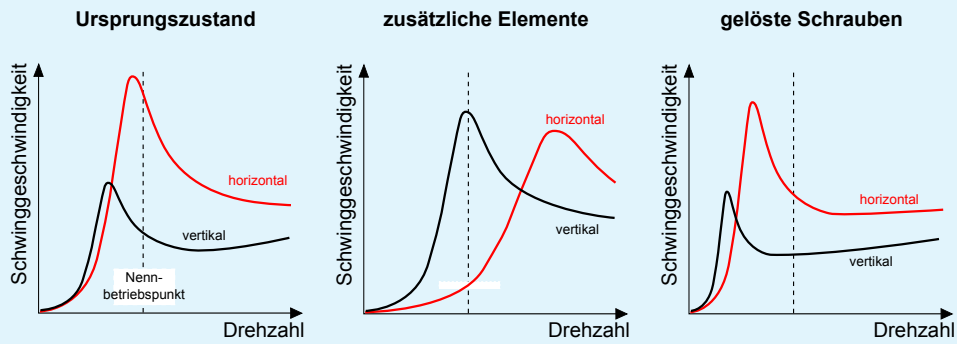


Abbildung 2: Drehzahlabhängiges Schwingungsniveau am Getriebe bei verschiedenen Aufstellbedingungen



Kontakt:

Dipl.-Ing. Robert Missal
Telefon: +49 5971 9710-25
r.missal@koetter-consulting.com