

Der Gluthitze trotzen

Siemens-Experten entwickeln Sensoren, mit denen sie erstmals während des Betriebs ins Innere ihrer Maschinen blicken können: bei 3.600 Umdrehungen pro Minute und Temperaturen um 1.500 Grad Celsius. Auf diese Weise lassen sich Schäden frühzeitig erkennen oder ganz verhindern.

Wer „Turbine“ hört, denkt vielleicht an die Triebwerke eines Verkehrsflugzeugs. Doch das Antriebsaggregat eines Jumbo-Jets nimmt sich bescheiden aus im Vergleich zu jenen Maschinen, die in Kraftwerken Strom erzeugen. So wiegt allein das Herzstück einer Gasturbine, der Rotor, bis zu 75 Tonnen – so viel wie eine Diesellok. Auf ihm sitzen hintereinander zahlreiche Kränze mit immer kleiner werdenden Schaufeln, die Luft ansaugen, verdichten und in die Brennkammer treiben. Dort wird die Energie des Brennstoffs in Wärme umgewandelt. Das heiße Abgas expandiert in der nachgeschalteten Turbine und dreht dabei den Rotor, an den der Generator zur Stromerzeugung angekuppelt ist.

Mit etwa 3.600 Umdrehungen pro Minute rotieren die Turbinenschaufeln im heißen Abgasstrom von bis zu 1.500 Grad Celsius. Nur hochfeste Legierungen, die zusätzlich gekühlt und mit einer keramischen Schutzschicht überzogen sind, halten diesen Belastungen stand. Kraftwerksturbinen sind daher teure Anschaffungen: Eine einzige Schaufel kostet so viel wie ein Mittelklasseauto. Die Überwachung dieser Bauteile ist für die Kraftwerksbetreiber folglich enorm wichtig – und schwierig. So muss einerseits der Abstand zwischen den Schaufeln und dem Gehäuse möglichst klein sein, um eine hohe Energieausbeute zu erzielen. Andererseits muss ein Anstreifen der Schaufeln auf jeden Fall vermieden werden, denn das führt zu Beschädigungen und Wirkungsgradverlusten.

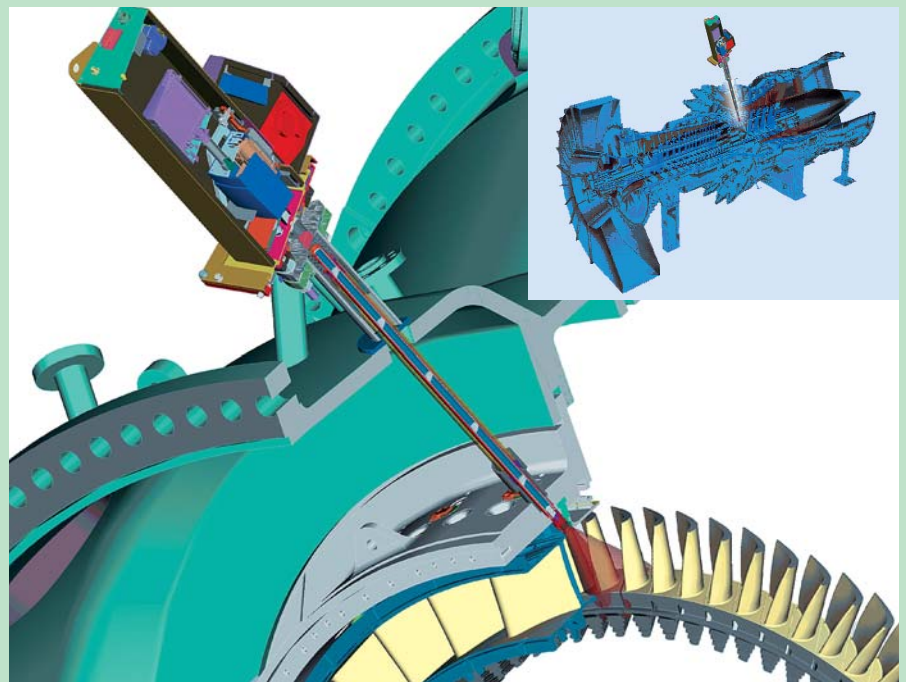
Zu diesem Zweck entwickelt Siemens Power Generation (PG) in Berlin ein Sensorsystem, das den Abstand der Schaufelspitzen zur Gehäusewand, den Radialspalt, ermittelt. Dazu wird ein Sensor direkt ins Gehäuse montiert, wo er über die Veränderung der elektrischen Kapazität zwischen Sensor und Schaufelspitze den Abstand zu

den vorbeisenden Schaufelrädern misst. Eine hydraulische Anlage kann dann den Rotor verschieben und die optimale Position einstellen. „Wir haben es mit einem Rotordurchmesser von zwei bis drei Metern zu tun“, sagt Olaf König, Manager des Berliner Testzentrums, „der Radialspalt liegt aber im Bereich von wenigen Millimetern.“ So muss der Sensor die Position des rotierenden Kolosses letztlich auf Zehntel Millimeter bestimmen – und das bei den extremen Temperaturen.

Online-Diagnose mit Kamera. Die Gluthitze ist eines der größten Hindernisse für den Einsatz komplexer Messtechnik. Entwickler der Siemens Westinghouse Power Corporation in Orlando, Florida, mussten daher ihr Sensorsystem, eine Infra-

bestimmten Betriebsstundenzahl prophylaktisch einen Schaufelaustausch durch, was mit hohen Kosten und Stillstandszeiten verbunden ist.

Das neue System erschließt eine völlig neue Dimension der Online-Diagnose. Bisher war es nur mit Temperatur- oder Druckmessungen möglich, vage Rückschlüsse aufs Turbineninnere zu ziehen. Die Rotationsgeschwindigkeit der Schaufelspitzen von etwa 1.400 Kilometer pro Stunde, die extreme Temperatur und der hohe Druck verwehrt einen direkten Zugang. Dank der Kombination verschiedener Hightech-Komponenten – wie der Infrarotkamera, die ursprünglich für Kampfflugzeuge entwickelt wurde – können nun Infrarotaufnahmen von Laufschaufeln im Vollastbetrieb gemacht werden. „Mit Aufnahmezeiten von weni-



Sensorsystem zur Inspektion von Gasturbinen: Eine Infrarotkamera blickt über eine optische Sonde direkt auf die glühend heißen Turbinenschaufeln.

rot-Hochgeschwindigkeits-Kamera mit angeflanschter optischer Sonde, mit einer ausgeklügelten Kühlung ausstatten. Denn die Kamera blickt direkt auf die thermisch höchstbelasteten Schaufeln der Antriebsturbine, auf deren Wärmeschutzschicht Temperaturen bis zu 1.200 Grad Celsius herrschen. Die Experten um Dr. Hans-Gerd Brummel wollen damit den Zustand der Schaufeln während des Betriebs kontinuierlich überwachen. Immer wieder kommt es nämlich vor, dass Teile der keramischen Schutzschicht abplatzen, was die Lebensdauer der Schaufeln verkürzt. Damit es nicht zum mechanischen Versagen einer Schaufel mit entsprechend hohem Schadenspotenzial kommt, führten Kraftwerksbetreiber bislang nach einer

ger als einer Millionstel Sekunde, einer maßgeschneiderten Optik und einem komplexen Steuer- und Bildauswertesystem können wir erstmals gezielt für jede einzelne der 72 höchstbelasteten Schaufeln einer 200-Megawatt-Gasturbine scharfe Aufnahmen schießen“, sagt Brummel. „Darauf lassen sich Schädigungen der Wärmeschutzschicht eindeutig erkennen.“ So kann der tatsächliche Zustand der Schaufeln festgestellt werden – ein prophylaktischer Austausch ist unnötig. Dank dieser Überwachung der Gasturbine lassen sich die Betriebszeiten verlängern, was erhebliche Kosten spart. Derzeit laufen die Vorbereitungen für die Installation in einer kommerziell betriebenen Anlage in den USA. ■ Tim Schröder