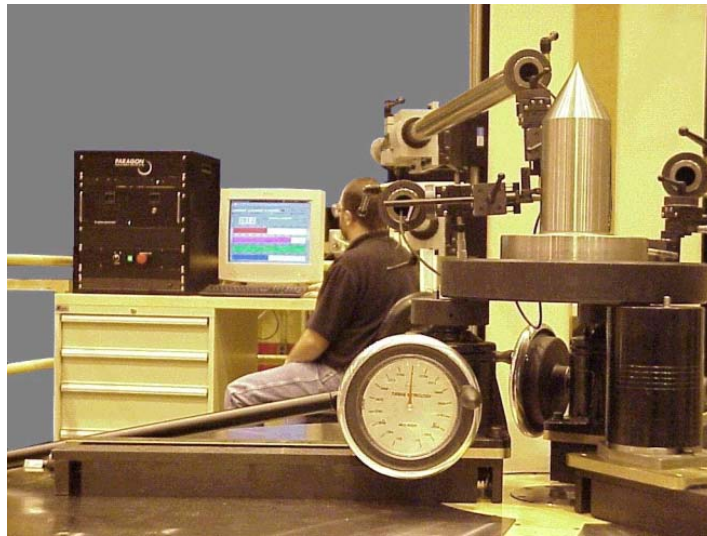


Der perfekte Kreis

Hochpräzise Messungen an Turbinenrotoren verhindern teure Stapelfehler, schreibt John Saddlers



Firmenchefs werden normalerweise blass, wenn sie mit den Kosten eines Meßsystems konfrontiert werden, das sie für ihre Firma anschaffen wollen. Abgesehen von dem Kostenaufwand an sich, herrscht allgemein die Auffassung, dass das Prüfen keine wertsteigernde Aktivität sei und ist daher in der modernen Unternehmenskultur verpönt. Dies trifft insofern zu, als die Kultur des Prüfens schon immer daraus bestanden hat, Fehler aufzudecken – das sollte aber nicht die Tatsache verschleiern, dass eine gute Qualitätskontrolllösung auf lange Sicht Geld einsparen wird.

Nehmen Sie ein neues, rechnergestütztes Meßsystem als Beispiel, welches riesige Gasturbinenkomponenten präzise misst. Das Unternehmen Turbine Metrology aus Kansas City im Bundesstaat Missouri, USA, das im Bereich Zirkulargeometrie-Meßtechnik tätig ist, hat sich zum Lieferanten für das große Stromerzeugungsgeschäft von General Electric entwickelt. Das Messen von Rotoren für Gasturbinengeneratoren ist von besonderer Bedeutung, da der exakte Zusammenbau dieser Komponenten einen entscheidenden Einfluss auf den Verschleiß der Lager und somit auf die Lebensdauer der fertigen Turbine hat.

Frühere Versuche, ein System für diese Art von Messung zu entwickeln, waren bekanntlich von Fehlschlägen geprägt, v.a. aufgrund der großen Anzahl von Meßpunkten, die erfasst werden müssen, um Rundlauf, Konzentrität, Exzentrizität und Ebenheit der zu messenden Werkstücke exakt bestimmen zu können, und auch durch die Bedingungen, unter denen diese Messungen durchgeführt werden müssen. Funktionstüchtige Systeme sind häufig dafür kritisiert worden, dass sie äußerst langsam arbeiten und/oder nur in genormten Räumen eingesetzt werden können.

Rotation

Das Paragon-System, unter welchem die Meßmaschine der Firma Turbine Metrology bekannt ist, wurde entwickelt, um die rotierenden Komponenten einer Turbinenrotoreinheit zu messen. Diese Komponenten haben einen Durchmesser von bis zu 2,44 Metern, eine Länge von 3 Metern und ein Gewicht von über 11 Tonnen. Beim Zusammenbau werden ca. 24 dieser Komponenten gestapelt und zusammengeschaubt, um so den rotierenden Kern der Stromgeneratoreinheit zu bilden. Die Genauigkeit dieser Komponenten ist ausschlaggebend für die Leistung der fertigen Einheit. Wenn jede Komponente auch nur wenige Hundertstelmmillimeter außerhalb des vorgegebenen Bereichs z.B. für Ebenheit liegt, werden die sich summierenden Toleranzen zu einem Stapel führen, bei dem die Lagerflächen nicht korrekt ausgerichtet sind, was wiederum zu vorzeitigem Lagerverschleiß und möglicherweise zu einem katastrophalen Ausfall führt. Mit derzeitig verfügbaren Produktionsmethoden ist es praktisch unmöglich, diese massiven Komponenten mit so geringen Toleranzen zu bauen, dass sie einfach zusammengeschaubt werden können, ohne geprüft werden zu müssen.

Problem

Bei früheren Versuchen, zirkulargeometrische Messungen durchzuführen, wurde mit kleinen Geräten, ähnlich denen, die in Laboren verwendet werden und die nur eine Fläche zu einer Zeit messen können, gearbeitet. Das machte die Messung und das wechselseitige Verhältnis mehrerer Flächen zueinander zu einem sehr langwierigen Prozess. Es wurden ein paar Systeme entwickelt, die zwei bis vier Flächen in einer Fast-Echtzeit messen konnten; diese Systeme waren jedoch entweder langsam, basierend auf fehlerhaften Algorithmen, oder nicht für den Einsatz in einer Produktionsumgebung geeignet.

„Die mechanischen Aspekte dieses Verfahrens sind schwierig; diese großen und schweren Rotoren müssen präzise genug zentriert und rotiert werden, um zu verhindern, dass ihr Rundlauf die Messungen beeinflusst,“ sagt Neill Fleeman, der technische Leiter. „Der schwierigste Teil jedoch war schon immer die Verarbeitung der enormen Datenmenge, die erforderlich ist, um Werkstücke dieses Ausmaßes gründlich bestimmen zu können und gleichzeitig den Einfluss von seismischen und akustischen Eingaben auszuschalten. Ich habe Systeme gesehen, die häufiger außer Betrieb waren, als dass sie gelaufen wären; die größere Fehler verursacht haben, als dass sie versucht hätten zu messen; und die Ergebnisse lieferten, die mehr auf Geräuschen als auf tatsächlicher Geometrie basierten.“ Da das erneute

Stapeln eines bereits zusammengebauten Rotors 150.000,- US-Dollar und mehr kosten kann, sind diese Messungen entscheidend.

Turbine Metrology machte sich daran, diese Probleme zu lösen, indem sie ihr neues Paragon-System von Grund auf entwickelten. Laut Fleeman ist die Fähigkeit, wesentlich mehr Abtastungen während einer einzigen Umdrehung zu erfassen, der Schlüssel zu einer erfolgreichen Lösung. Durch das Erfassen von 1,2 Mio. Meßpunkten pro Sekunde ermöglicht es Paragon, alle notwendigen Messungen während eines einzigen Umlaufs des Werkstücks durchzuführen.

Rundlauf

Paragon wurde mit soliden mechanischen Stützen entwickelt und kommt auf speziell gebauten, ultrapräzisen Inspektionsrundtischen zum Einsatz, die von Eimeldingen Ltd. aus Großbritannien geliefert werden. Der Rundlauf dieser Tische wird in Submikron-Einheiten gemessen. Zur Erfassung der Winkelposition des Tisches werden Heidenhain-Drehgeber verwendet. Paragon kann Daten aus bis zu acht Eingangskanälen verarbeiten; beim Standardsystem tasten vier elektronische 2-Richtungs-Meßköpfe von Brown und Sharpe die Flächen der Werkstücke mit einer Genauigkeit von 0,1 Mikrometern ab. Diese Komponenten sind schon an sich fähig, in sehr kurzer Zeit eine riesige Menge an Informationen über einen Turbinenrotor exakt zu erzeugen. Das Problem, das sich Fleeman dann stellte, war, wie er diese Informationsmenge effektiv verarbeiten sollte.

Eine Möglichkeit war, ein dediziertes Datenerfassungsgerät für das Erfassen der Daten und einen Rechner für Datenauswertungsanwendungen einzusetzen. Dies hätte aber zum einen die Kosten in die Höhe getrieben und zum anderen die Komplexität des Systems vergrößert. Der Einsatz eines einzigen Rechners für beide Zwecke verursachte jedoch ein anderes Problem: die Notwendigkeit, ein Datenerfassungssystem zu finden, welches mit der erforderlichen Geschwindigkeit und Genauigkeit arbeitete, aber auch unter dem Betriebssystem des eingesetzten Rechners laufen würde. Dadurch könnte sich das Betriebssystem darauf konzentrieren, die Daten zu verarbeiten, die bereits erfasst worden sind.

„Rechnerleistung muss verfügbar sein, wenn man sie braucht. Betriebssysteme wie Windows verbrauchen viele Rechnerperioden auf der PC-Plattform, und wenn sie die Steuerung der CPU (Zentraleinheit) übernehmen, wird sie für lange Zeit beibehalten. Falls Datenübertragungsfunktionen unter Windows laufen würden, wäre das System anfällig für Situationen, in denen Windows mit anderen Aufgaben beschäftigt ist und würde dann möglicherweise den Datenfluss unterbrechen. Dies hätte fatale Auswirkungen auf die Algorithmen der Filter und somit auf die Flächendaten, die durch sie erzeugt werden.“

Die Microstar Laboratories iDSC 1816 Leiterplatte, die 16-Bit-Auflösung in acht simultanen Datenerfassungskanälen mit ziegelmauerstarken Anti-Aliasingfiltern in jedem Kanal kombiniert, war die Lösung. Die iDSC 1816 tastet Analogeingaben mit einem Durchsatz von 1,2 Mio. Abtastungen pro Sekunde mit einer Abtastrate bei jedem Kanal, der von 8 bis zu 153.600 Abtastungen pro Sekunde reicht. Analoge Anti-Aliasingfilter vierter Ordnung, die sich auf der Leiterplatte befinden, leiten

Signale an die Dezimierungfilter in den acht Sigma-Delta Analog-Digitalwandlern weiter.

Multitasking

Diese Hardware konvertiert Signale in simultan gefilterte Daten mit 153.600 Abtastungen pro Sekunde in jedem Kanal. Ein eingebauter Mikroprozessor, der über ein multitasking Echtzeit-Betriebssystem verfügt, ist für Hochleistungsdatenerfassung und Steueranwendungen optimiert. Die Intelligenz der DAP-Leiterplatte steigert die Leistung der Benutzer-Schnittstelle durch Ausführung der prozessor-intensiven Routinen in Echtzeit, so dass die Software des Rechners anspruchsvollere Anwendungen als üblich abwickeln kann.

Dadurch wird das Risiko eines Datenverlustes erheblich reduziert, unabhängig davon, wie viele Computerzyklen mit Anwendungen im Vordergrund beschäftigt sind. Der Datenerfassungsprozessor bearbeitet weiterhin die Spezialroutinen, bei denen die Daten der Erfassungsgeräte gesammelt werden, und zwar völlig unabhängig vom Zentralprozessor (CPU).



Das Endergebnis ist ein System, das die Turbinenrotoren hinsichtlich Rundlauf, Exzentrizität, Konzentrizität und Ebenheit vollständig bestimmen kann, indem es 720.000 Messungen während einer einzigen Umdrehung des Werkstücks erfasst. Der Rotorenhersteller kann nun die Abmessungen der Rotoren zu einem früheren Zeitpunkt im Produktionsprozess genau bestimmen. Nur selten wird der Hersteller der Turbinen Abmessungen feststellen, die eine Verwendung des Rotors unmöglich machen. In den meisten Fällen wird er herausfinden, dass der Rotor innerhalb der Spezifikationen liegt und, da er jeweils die exakten Abmessungen vorliegen hat, wird er in der Lage sein, den Rotor mit komplementären Rotoren zu kombinieren. So wird er am Schluss ein fertiges Produkt haben, das präzise genug ist, um die Lebensdauer der Lager zu maximieren und teure Demontagen zu vermeiden.

„PARAGON“, „PARAGON Zirkulargeometrisches Inspektionssystem“ und „TrueBuild“ sind eingetragene Warenzeichen von Turbine Metrology LLC.

