

Optimierung des Zephyr-Prüfstands mit dem System Tescia für periodische Testabläufe

AIRFRANCE

Air France ist ein weltweit führender Anbieter in seinen drei Haupttätigkeitsfeldern: Personenverkehr, Frachtverkehr und Flugzeuginstandhaltung. Air France wurde 1933 gegründet und ist die Nummer eins der französischen Fluggesellschaften und zusammen mit KLM eine der größten Fluggesellschaften der Welt.



AUFGABE

Für einen erfolgreichen Leistungstest werden die Parameter eines Flugzeugtriebwerks eingehend geprüft. In Bezug auf Schwingungen wird das Triebwerk an zwei Punkten überprüft, um eventuelle Unwuchten zu erkennen. Dies wird durch fest montierte Beschleunigungssensoren überwacht, die kontinuierlich den Schwingweg aufzeichnen, der innerhalb eines sehr präzisen Toleranzbereichs bleiben muss. Um mehr Expertise in diesem Bereich zu gewinnen, wandte sich Air France Industries an HBK.

LÖSUNG

Integration eines Tescia®-Systems für periodische Testabläufe einschließlich der bewährten LAN-XI-Datenerfassungshardware von HBK und eines dedizierten PCs in den Zephyr-Prüfstand.

ERGEBNIS

- Besseres Verständnis der Signale und des sicheren Umgangs mit ihnen
- Konsistente Messung durch Überprüfung von physisch nicht zugänglichen Beschleunigungssensoren aus der Ferne
- Einfache Interpretation des Schwingungsverhaltens von zwei Kupplungen mit verschiedenen Drehzahlen, da Tescia umgehend leicht verständliche Informationen aus komplexen Prozessen liefert

Die Überprüfung und Überholung der Triebwerke, in der Luftfahrt auch „Engine Shop Visit“ genannt, erfolgt nach einer bestimmten, vom Hersteller vorgegebenen Anzahl von Flugstunden oder während einer großen, alle vier oder fünf Jahre durchgeführten Instandhaltung. Mit mehr als 14.000 Mitarbeitern ist Air France Industries einer der wichtigsten Anbieter von Instandhaltungsdienstleistungen für Triebwerke und bedient weltweit mehr als 3000 Flugzeuge, die von 200 Fluggesellschaften betrieben werden.

Ein Flugzeugtriebwerk, das einer Generalüberholung bedarf, verbringt etwa drei Monate in den Werkstätten von Air France Industries in Orly und Roissy. Das Triebwerk wird demontiert, die Teile werden bis ins kleinste Detail geprüft, gereinigt, ausgetauscht oder repariert, und die gesamte Baugruppe wird vor der Endprüfung von den dafür zuständigen technischen Teams wieder zusammengebaut.

REALITÄTSPRÜFUNG

Vor dem erneuten Einsatz eines Triebwerks, muss es unter möglichst realitätsgetreuen Bedingungen getestet werden und einen Leistungstest im Zephyr-Prüfstand bestehen, in dem viele Parameter überprüft werden, einschließlich Schub, Temperatur an verschiedenen Punkten des Triebwerks, Druck und Schwingungspegel.

Selbstverständlich ist der Prüfstand auf diese entscheidende Phase vorbereitet und im Falle von Schwingungen wird das Triebwerk an zwei Punkten überprüft und so eingestellt, dass keine Unwuchten bestehen. Dies wird durch fest montierte Beschleunigungssensoren gemessen. Diese Sensoren zeichnen kontinuierlich den Schwingweg im Betrieb auf, der innerhalb eines sehr genau festgelegten Toleranzbereichs bleiben muss. Ivan Rouesné, Zephyrs Dubanc-Manager, wandte sich an HBK, um die Schwingungsmessungen zu erweitern und mehr Fachwissen auf diesem Gebiet zu sammeln.

Philippe Potereau, Business Development Manager bei HBK, analysierte die Anforderungen des Kunden und schlug vor, vorübergehend ein paralleles System für sich wiederholende Schwingungsmessungen in den Zephyr-Prüfstand zu integrieren – in diesem Fall das System Tescia für periodische Testabläufe, das in enger Zusammenarbeit mit Anwendern aus der Luft- und Raumfahrtindustrie für die Messung rotierender Maschinen entwickelt wurde. Als Komplettsystem, das die renommierte LAN-XI-Datenerfassungshardware von Brüel & Kjær und einen dedizierten PC umfasst, kann es in einer kleinen Produktionsumgebung mit nur einem Benutzer eingesetzt werden oder in einem größeren System mit mehreren Test- und Überwachungsplätzen, das einen umgehenden und zuverlässigen Zugriff mehrerer Teams auf Daten gleichzeitig gewährleistet.

Aus dem Kontrollraum beobachteter Leistungstest, wobei die Software Tescia zusätzliche Einblicke in die Daten und eine in einer Testzelle montiertes Triebwerk zur Leistungsvalidierung





Sichtprüfung einer Triebwerksgondel



Motor zur Leistungsüberprüfung in einer Testzelle montiert

VERSTÄNDNIS DES SCHWINGUNGSVERHALTENS

„Das Team von Technikern und Ingenieuren von Air France Industries war dank der Unterstützung der amerikanischen Teams von HBK, die rund um die Uhr die Nutzung von Tescia und die Analyse der gesammelten Daten unterstützten, schnell gut vorbereitet“, sagt Ivan Rouesné, Leiter des Prüfstands für Triebwerke. Und weiter: „Beim Zusammenbau werden die Triebwerke von uns ausgewuchtet. Die Schwingungsmessung mag im Vergleich zu allen Maßnahmen, die wir an einem GE90-115-Triebwerk durchführen, wie eine unbedeutende Kleinigkeit erscheinen; in einem Leistungstest entstehen jedoch große Kräfte und das geringste Anzeichen einer Unwucht muss um jeden Preis vermieden werden.“ Ein kompletter Test wird in zwei Sieben-Stunden-Schichten durchgeführt. Wenn jedoch der Schwingweg aufgrund von Unwuchten vom Betrag her außerhalb der Toleranz liegt, müssen wir möglicherweise einen Take-off-Test stoppen, der viel Kraftstoff umsonst verbraucht.

„Was wir von einem Messsystem verlangen, ist absolute Zuverlässigkeit und die Garantie, dass das, was wir messen, genau ist und keinen Einfluss auf den Triebwerksbetrieb hat. Auf der Suche nach einer zusätzlichen – professionelleren und detaillierteren – parallelen Schwingungsmessung im Prüfstand haben wir uns an HBK gewandt und schätzen die hohe Verfügbarkeit des Support-Teams und das umfassende Fachwissen. Wir konnten ein besseres Verständnis der Signale und mehr Sicherheit im Umgang mit ihnen erlangen. Unsere physisch nicht zugänglichen Beschleunigungssensoren konnten wir aus der Ferne überprüfen und so die Konsistenz unserer Messungen sicherstellen. Bei den GE90-115-Triebwerken der Boeing 777 werden Messungen an zwei Kupplungen mit unterschiedlichen Drehzahlen ständig überwacht und dürfen ein festgelegtes Niveau hinsichtlich des Wegs nicht überschreiten. Mit dem Tescia-System konnten wir ihr Schwingungsverhalten einfach interpretieren; es lieferte uns umgehend leicht verständliche Informationen aus komplexen Prozessen wie dem Einsatz von Tracking-Filtern für klare und zuverlässige Signale.“

Das LAN-XI Datenerfassungs-Frontend mit der Software Tescia hat die Anwender des Zephyr-Prüfstandes durch seine Kompaktheit und Funktionalität angenehm überrascht. Sie können nun in der Vorbereitung auf Leistungstests in ihrer Analyse weiter gehen und freuen sich darauf, mit dem neuen System weiterhin Erkenntnisse über die Triebwerke zu gewinnen und die Zusammenarbeit mit HBK zu vertiefen.

ZUGEHÖRIGE INFORMATIONEN

Tescia Repetitive Testing System

[Mehr erfahren](#)

Video

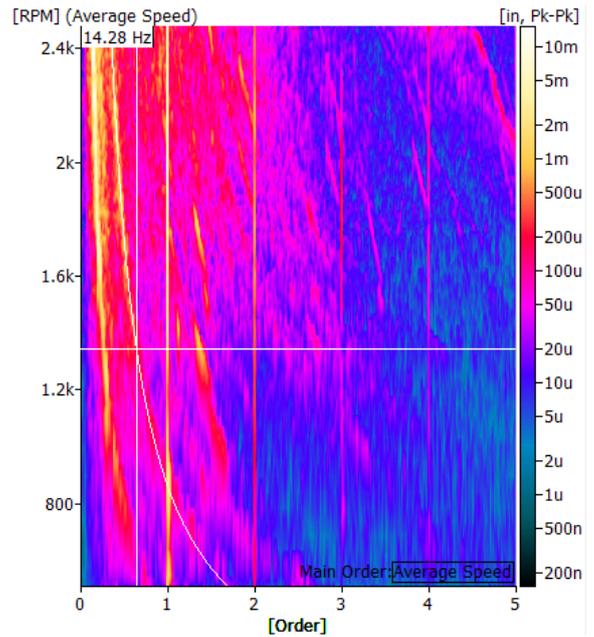
[Air France: Hinter den Kulissen einer Triebwerksüberholung](#)

ORDNUNGSANALYSE, EIN LEISTUNGSFÄHIGES WERKZEUG

Die mit dem Tescia-System durchgeführte Ordnungsanalyse ist ein äußerst leistungsfähiges Werkzeug, das die variable Drehzahl der Triebwerksdrehung in ein festes und gut lesbares Signal transformiert: Erste Ordnung, die erste senkrechte Linie auf der Abszisse (x-Achse) des Graphen, der von 0 bis 5 markiert ist.

Die Dicke dieser Linie ändert sich mit dem Ansteigen der Triebwerksdrehzahl auf der Ordinate (y-Achse) des Diagramms von 0 auf 2400 min⁻¹. Die erste Ordnung stellt die Schwingungsenergie der überwachten Achse dar. Möglich wird diese Transformation durch vom Tescia-System verwaltete Tachometer und Filterung. Die höheren Oberschwingungen dieses Signals werden ebenfalls als senkrechte Linien dargestellt, so wird klar, dass die vierte Oberschwingung des Signals bei steigender Drehzahl des Triebwerks noch Energie entwickelt. Die Energieniveaus werden in der Grafik in Farbe angezeigt – von blau für das niedrigste Level bis rot für die mittleren und gelb für die höchsten Levels. Die Skala rechts neben dem Diagramm gibt die Werte für die Schwingwege in Zoll Peak-to-Peak in Abhängigkeit von der Farbe an. Die Resonanzfrequenzen der Struktur sind fest und werden daher als Kurven gesehen, wie die 14,28 Hz-Frequenz, markiert durch den Cursor auf dem Graphen bei etwa 1300 min⁻¹. Bei 800 min⁻¹ fällt diese Resonanzfrequenz mit der ersten Rotationsordnung zusammen, wodurch eine leichte Erweiterung der

senkrechten Linie entsteht, die sie darstellt. Es ist diese Art des Zusammenspiels, die verstärkte Schwingungen erzeugt; oft äußert sich dies durch von der Struktur



ausgegebene akustische Geräusche, deren Resonanz bei dieser Frequenz durch den Durchgang der Triebwerksdrehzahl angeregt wird. Diese Analysen, zusätzlich zu den üblichen Profilen, ermöglichen Air France Industries ein schnelleres Erkennen der Ursachen für eine mögliche Überschreitung des im Rahmen des Instandhaltungsprozesses zulässigen Niveaus.



Alle Bilder mit freundlicher Genehmigung von Air France Industries

HBK – Hottinger Brüel & Kjær
www.hbkworld.com
info.de@hbkworld.com

BN 2526-11