

Berichte aus der Luft- und Raumfahrttechnik

Ulrik Strehlau

**Schaufelschwingungen realer integraler
Verdichterlaufräder bei zusätzlicher Berücksichtigung
höherer Moden**

Shaker Verlag
Aachen 2011

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Cottbus, BTU, Diss., 2011

Copyright Shaker Verlag 2011

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0491-5

ISSN 0945-2214

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Schaufelschwingungen realer integraler Verdichterlaufräder bei zusätzlicher Berücksichtigung höherer Moden

Dissertation von
Dipl.-Ing. Ulrik Strehlau

Die Forderung nach leistungsfähigeren, umweltfreundlicheren und hinsichtlich des Treibstoffverbrauchs effizienteren Triebwerken führt bei den Herstellern zum vermehrten Einsatz integraler Verdichterlaufräder (Blisk; engl.: blade integrated disk), bei denen Schaufeln und Scheibe ein integrales Bauteil bilden. Der Vorteil dieser Bauweise, im Vergleich zur Konventionellen mit gesteckten Schaufeln, liegt in einer massiven Gewichtsreduzierung. Demgegenüber treten jedoch unerwünschte Phänomene auf, die durch eine stets vorhandene Verstimmung (engl.: Mistuning) der Schaufeln hervorgerufen werden. Dazu gehören Lokalisierungen sowie Amplituden- und Spannungsüberhöhungen, welche die Lebensdauer dieser Bauteile reduzieren. Die geringe Dämpfung der Blisks, verglichen mit der konventionellen Bauweise, verstärkt die negativen Auswirkungen auf die Lebensdauer. Für die Auslegung ist daher die genaue Kenntnis des dynamischen Verhaltens dieser Strukturen sehr wichtig, um vor dem Hintergrund eines vermehrten Einsatzes integraler Verdichterlaufräder Schadensfälle zu verhindern.

In der vorliegenden Arbeit wird anhand von zahlreichen numerischen Berechnungen und Experimenten an einer Blisk deren strukturdynamisches Verhalten analysiert. Die Untersuchungen beschränken sich dabei nicht auf die ersten drei Modenfamilien (erste, zweite Biegung, erste Torsion) sondern es werden höhere Modenfamilien (z.B. Tramline) mit einbezogen.

Zunächst wird das Verhalten des unverstimmten Systems diskutiert und eine neuartige Einteilung von Eigenfrequenzen bzw. -formen vorgestellt. Mit dieser können Vorhersagen über das strukturdynamische Verhalten des verstimmten Systems getroffen werden. Weiterhin wird ein patentiertes, messtechnisches Verfahren diskutiert, welches eine robuste Identifikation der Verstimmung einer realen Blisk ermöglicht und auf dessen Grundlage ein Modellabgleich durchgeführt werden kann. Mit dem angepassten Modell, welches das Schwingungsverhalten der realen Blisk sehr gut widerspiegelt, werden erzwungene Schwingungen berechnet, Lokalisierungen nachgewiesen und im Vergleich mit dem Verhalten des unverstimmten Modells Überhöhungsfaktoren berechnet und deren Ursachen diskutiert. Den Kern dieser Arbeit bildet die Erregung und Messung von Umlaufwellen, wobei besonderer Wert auf den Vergleich zwischen Berechnung und Messung gelegt wird. Mit experimentellen Untersuchungen des strukturdynamischen Verhaltens in so genannten Frequency-veering Bereichen wird die Arbeit abgeschlossen.