

Bachelor- oder Masterarbeit

Beitrag zur Automatisierung von numerischen Modalanalysen integraler Verdichter- und Turbinenräder

(On Automated Numerical Modal Analyses of Integrally Bladed Turbine and Compressor Rotors)

Bearbeiter:, Matrikelnummer:

Radiale Turbinen- und Verdichterräder in Integralbauweise repräsentieren in vielfältigen technischen Anwendungen längst den Stand der Technik und sind als Eckpfeiler für die Erfüllung wachsender Anforderungen in Bezug auf Wirtschaftlichkeit, Effizienz und Umweltverträglichkeit moderner Verbrennungskraftmaschinen weiterhin unverzichtbar. Insbesondere mit der Einführung von Abgasturboladern in kleinen und mittleren Dieselmotoren konnte eine Steigerung des Motorwirkungsgrades sowie eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Abgas- und Geräuschemissionen erreicht werden.

Unabhängig von ihrer Etablierung stellen integrale Radialräder (Fig. 1) aus strukturdynamischer Sicht nach wie vor eine Herausforderung dar [1], [2]. Fertigungs- und materialbedingte Imperfektionen, das so genannte Mistuning und die damit verknüpfte Störung der zyklischen Rotationssymmetrie, mehr oder minder ausgeprägte Kopplungserscheinungen bzgl. der Schwingungsbewegungen von Schaufeln und Scheibe und nicht zuletzt die sehr geringe mechanische Dämpfung [3] seien diesbezüglich hervorgehoben. Ein wesentliches Hilfsmittel für die Charakterisierung des Schwingungsverhaltens beschauelter Scheiben stellt das so genannte Knotendurchmesserliniendiagramm (Fig. 2) dar, welches eine kompakte Darstellung der Zuordnung von Eigenfrequenzen zur Anzahl der Knotendurchmesserlinien (KDL) einschließlich einer Gruppierung von Schwingungsformen in so genannte Modefamilien gestattet.

Ziel der Untersuchungen innerhalb dieser Abschlussarbeit ist es, eine Routine zur Generierung von KDL-Diagrammen auf Basis von numerischen Modalanalysen aufzubauen, welche in der finite Elemente Umgebung ABAQUS durchzuführen sind. Konkret soll die Routine im Anschluss an die Modalanalyse in ABAQUS gestartet werden und vollautomatisiert ein KDL-Diagramm im gewünschten Frequenzbereich erstellen.

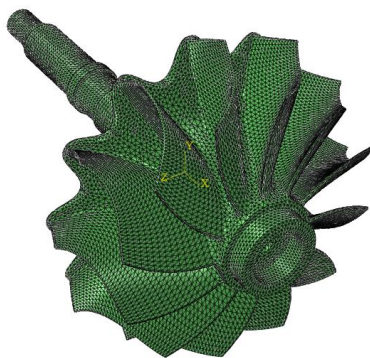


Fig. 1: FE-Modell eines Radialturbinenrads

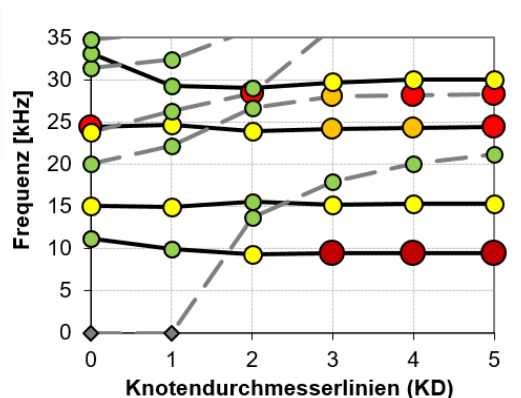


Fig. 2: Beispiel eines KDL-Diagramms (ZR140 Rad)

Aufgabenstellung

1. Einarbeitung in die Thematik von Bliskschwingungen, insbesondere Modellierung, Charakterisika von Schwingungsformen, Mistuning und Lokalisierung, modale Dichte, Verzerrungsenergien und partial modal assurance criterion (PMAC).
2. Durchführung von numerischen Modalanalysen mit der finite Elemente Software ABAQUS am Beispiel eines Radialturbinenrades eines Schiffsdieselmotors.
3. Erarbeitung einer Checkliste bezüglich erforderlicher Voreinstellungen bei der numerischen Modalanalyse (Set-Definitionen, Ausgabegrößen, etc.) in ABAQUS
4. Erstellen eines Python-Skriptes zur Ausführung in der ABAQUS CAE-Umgebung oder als Konsolenapplikation
 - i. Auslesen der Formänderungsenergie und Bestimmung der Verteilung auf Schaufel und Scheibe für die entsprechenden Modes.
 - ii. Einteilung in schaufel- und scheibendominierte sowie gemischte Modes auf Basis der Formänderungsenergieverteilung.
 - iii. Erzeugen eines KDL-Diagramms und Kennzeichnung der einzelnen Moden (schaufel- oder scheibendominiert oder gemischt).
 - iv. Anwendung des PMAC-Kriteriums zum Vergleich der Eigenformen und Einteilung der schaufeldominierten Moden in Modefamilien.
 - v. Visualisierung der einzelnen Modefamilien im KDL-Diagramm.
 - vi. Bestimmung der modalen Dichte für die einzelnen Modes.
 - vii. Implementierung und Visualisierung der modalen Dichten im KDL-Diagramm.
5. Dokumentation und Diskussion der Ergebnisse in Schriftform

Bearbeitungszeitraum: SoSe 2021
 Betreuer: apl. Prof. B. Beirow / MSc. Alex Nakos

Literatur

- [1] Klauke, Th.: Schaufelschwingungen realer integraler Verdichterräder im Hinblick auf Verstimmung und Lokalisierung. Dissertation an der BTU Cottbus, der andere Verlag, 2007.
- [2] Beirow, B.: Grundlegende Untersuchungen zum Schwingungsverhalten von Verdichterlaufrädern in Integralbauweise, Habilitationsschrift, BTU Cottbus, Shaker Verlag, 2009.
- [3] Weber, R.: Ein Beitrag zur schwingungssicheren Auslegung von radialen Turbomaschinen mit Fokus auf Mistuning und Dämpfung. Dissertation, BTU Cottbus-Senftenberg, Mensch & Buch Verlag, 2019.

.....
 apl. Prof. Dr.-Ing. habil. B. Beirow

Cottbus, 07. April 2021