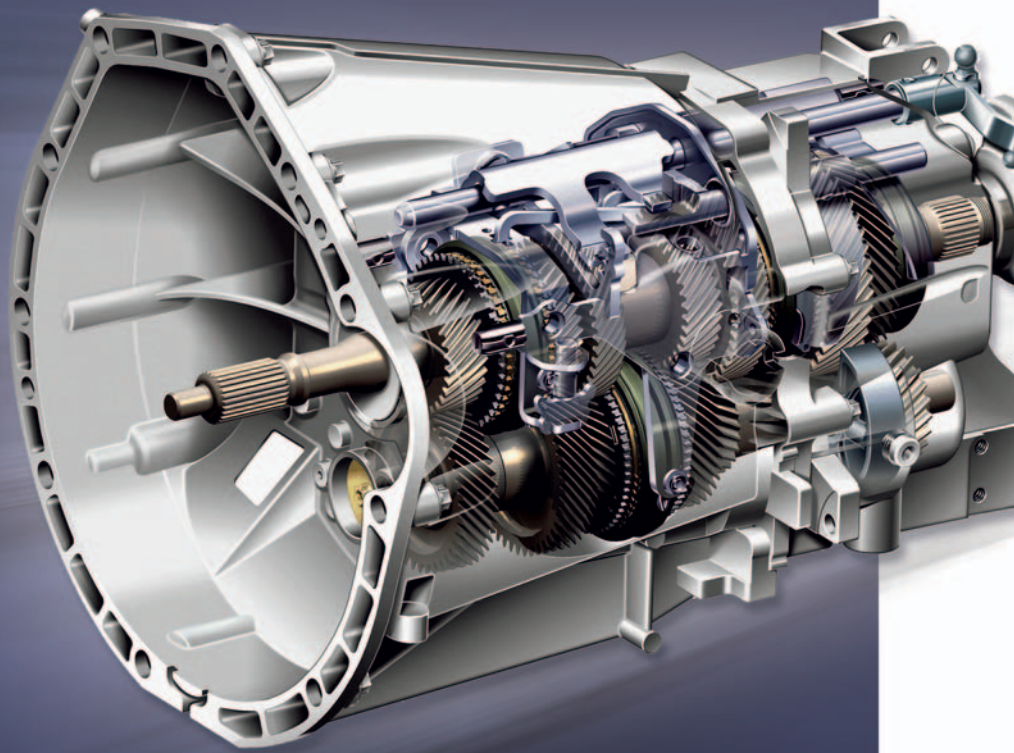




Antriebssysteme auf dem Prüfstand

Experimentelle Ermittlung des Übertragungsverhaltens eines Zweimassenschwungrades mithilfe von Rotationsvibrometern

In allen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor verursacht die Drehungleichförmigkeit der Kurbelwelle Schwingungen im Antriebsstrang. An verschiedenen Stellen der Drehschwingerkette können dabei erhebliche Schwingwinkelamplituden auftreten, welche die mechanische Stabilität oder Akustik der Antriebssysteme beeinflussen. Um solche Effekte konstruktiv zu vermeiden, muss man die dynamischen Eigenschaften der einzelnen Antriebselemente kennen. Am Beispiel eines Zweimassenschwungrades wird gezeigt, wie mit dem Antriebselemente-Prüfstand der TU Kaiserslautern und den dazugehörigen Rotations-Laservibrometern das dynamische Übertragungsverhalten im Betrieb ermittelt werden kann.

Hochdynamischer Antriebselemente-Prüfstand

Am Lehrstuhl für Maschinenelemente und Getriebetechnik der TU Kaiserslautern werden mit einem Antriebselemente-Prüfstand (Bild 1) Untersuchungen an Antriebssträngen und

deren Komponenten unter dem Einfluss von Drehungleichförmigkeiten durchgeführt und daraus Kenntnisse über das dynamische Übertragungsverhalten bei unterschiedlichen Lasten, Drehzahlen, Anregungsfrequenzen und -amplituden gewonnen.

Auf einem solchen Verspannungsprüfstand treibt eine hochdynamische elektrische Antriebsmaschine über den Prüfling eine Bremsmaschine an. Somit

baut sich ein Torsionsmoment zwischen den beiden Maschinen auf, durch das der Prüfling belastet wird. Dem Antriebsmoment kann dabei eine definiert einstellbare Drehungleichförmigkeit mit Anregungsfrequenzen $f_{\text{err}} > 450 \text{ Hz}$ überlagert werden. Mithilfe einer hochauflösenden Drehwinkel- und Drehmomentmesstechnik wird das dynamische Übertragungsverhalten der Prüflinge ermittelt.

Drehwinkelmessung mit dem Rotationsvibrometer

Zur Erfassung der Drehschwingungen stehen zwei Rotations-Laservibrometer



Bild 1: Hochdynamischer Antriebselemente-Prüfstand

Prof. Dr.-Ing. Bernd Sauer und
Dipl.-Ing. Andreas Nicola, TU Kaiserslautern
megt@mv.uni-kl.de

zur Verfügung. Das Messverfahren ist hochgenau, robust und mobil einsetzbar. Als Messgrößen stehen die Drehzahl n , der dynamische Anteil der Schwinggeschwindigkeit $\Delta\omega$ sowie der dynamische Schwingwinkel $\Delta\varphi$ zur Verfügung. Das Funktionsprinzip des Rotationsvibrometers ist unter www.polytec.de/rotvib detailliert beschrieben.

Beispiel: Zweimassenschwungrad

In modernen Fahrzeugen ist häufig ein Zweimassenschwungrad (ZMS) eingebaut, um Drehungleichförmigkeiten am Übergang vom Motor zur Kupplung zu mindern. Anders als beim herkömmlichen Schwungrad, das durch eine große Masse die Drehungleichförmigkeit nivellieren soll, wird die Schwungmasse hier in zwei kleinere Teilmassen aufgeteilt, die über eine torsionsweiche Drehfeder gekoppelt sind. Dies wird konstruktiv durch Schraubenfedern realisiert, die kreisbogenförmig über den Umfang liegend, die beiden Teilmassen miteinander verbinden. Durch geschickte Einstellung des Verhältnisses aus Trägheiten und Federsteifigkeit wird eine möglichst niedrige Eigenfrequenz angestrebt. Das ZMS wirkt dann als mechanischer Tiefpassfilter, das höherfrequente Drehungleichförmigkeiten eliminiert.

Bild 2 zeigt den Prüfaufbau zur Ermittlung des dynamischen Übertragungsverhaltens unter unterschiedlichen Einsatzbedingungen. Das ZMS wird von der hochdynamischen Antriebsmaschine bei stationärer Drehzahl angetrieben und gleichzeitig mit einer

sinusförmigen Drehungleichförmigkeit beaufschlagt. Abtriebsseitig bringt die Bremsmaschine das stationäre Lastmoment auf. Zwischen Prüfling und Maschinen wird mithilfe zweier Vibrometer der dynamische Schwingwinkel an der An- und Abtriebsseite des ZMS gemessen.

In Bild 3 sind die durch einen Frequenz-Sweep zwischen 0 und 40 Hz mit konstanter Winkelamplitude experimentell ermittelten Übertragungsfunktionen in Abhängigkeit der Drehzahl dargestellt. Man erkennt, dass bei einer Drehzahl von 500 min^{-1} eine Eigenfrequenz von ca. 13 Hz vorliegt, bei einer maximalen Amplitudenüberhöhung von $\varphi_2/\varphi_1 = 3,5$. Mit steigenden Drehzahlen verschiebt sich die Eigenfrequenzlage hin zu höheren Frequenzen, ebenso steigt die Amplitudenüberhöhung deutlich an.

Wenn man davon ausgeht, dass die modalen Massen konstant sind, lässt sich der Anstieg der Eigenfrequenzlage nur durch eine Zunahme der Federsteifigkeit mit der Drehzahl erklären. Infolge der größer werdenden Zentrifugalkraft werden offenbar die Federn in radialer Richtung an die äußere Anlagefläche gepresst und durch die Reibkräfte erhöht sich die resultierende Steifigkeit. Die steigende Amplitudenüberhöhung in Bild 3 lässt dagegen auf eine Abnahme der im System vorhandenen Dämpfung schließen, was durch weitere Messungen belegt werden konnte.

Ausblick

Das Beispiel demonstriert das hohe Potenzial des Antriebsselemente-Prüfstands in Verbindung mit der Rotations-Laservibrometrie zur Klärung von Torsionsschwingungsphänomenen. Sowohl Prüfeinrichtung aus auch Messtechnik sind so flexibel, dass praktisch alle Antriebsselemente und viele Aggregate untersucht werden können, beispielsweise drehweiche oder drehsteife Kupplungen, Gelenkwellen, Dämpfer, Tilger, Getriebe oder Zugmitteltriebe. Neben der Messung der auftretenden

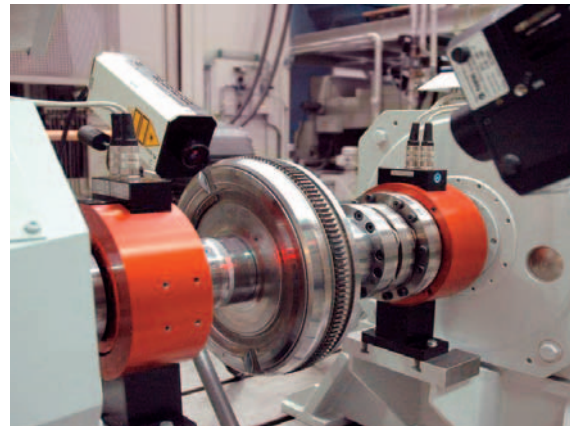


Bild 2: Rotationsvibrometer mit Zweimassenschwungrad auf dem Prüfstand

Schwingungsamplituden können auch Steifigkeits- und Dämpfungskennwerte ermittelt werden. Aufgrund der Mobilität der Messtechnik können ohne größeren Aufwand auch Messungen vor Ort bei Kunden (z. B. an befeuerten Prüfständen oder Fahrzeugen) durchgeführt werden.



Polytec Produktinformation

RLV-5500 Rotations-Laservibrometer

Rotationsvibrometer von Polytec haben sich bei der berührungslosen Messung von Drehschwingungen an rotierenden Strukturen, beispielsweise an Kfz-Kurbelwellen und Riementrieben seit Jahren bewährt. Das neue RLV-5500 Rotationsvibrometer arbeitet im Drehzahlbereich bis 20.000 U/min, bietet eine herausragende optische Nachweisempfindlichkeit durch digitale Signalverarbeitung und hat einen sehr kompakten, flexibel einsetzbaren Messkopf.

 www.polytec.de/rotvib

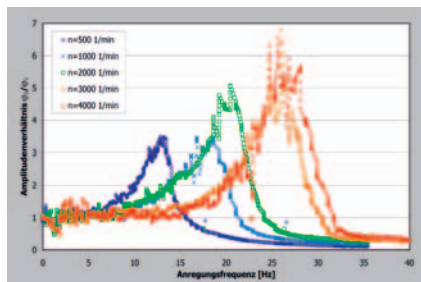


Bild 3: Frequenzgänge eines ZMS bei unterschiedlichen Drehzahlen