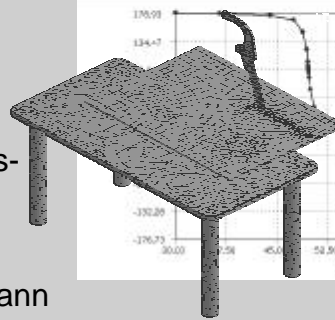
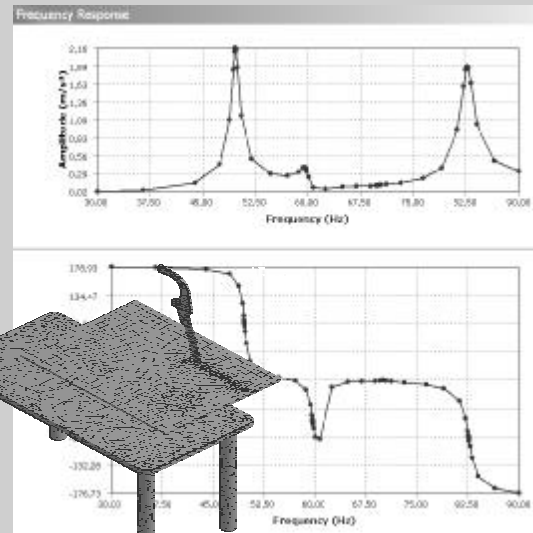


Harmonische Analyse zur Systembeschreibung

Ausgabe: 11 / 2003

Problem:

Wenn Bauteile/Baugruppen über die statische Dimensionierung hinaus auch dynamisch charakterisiert werden, so denkt man zuerst an eine Bestimmung der Eigenwerte. Dies ermöglicht es die kritischen Frequenzen zu bestimmen. Eine korrekte Abschätzung der Größe der Auslenkungen (Amplituden) kann nicht erfolgen. Bei einer Eigenwertanalyse ebenfalls nicht berücksichtigt ist der Ort und das exakte Signal der realen Anregung – die Ursache des Schwingungsproblems.



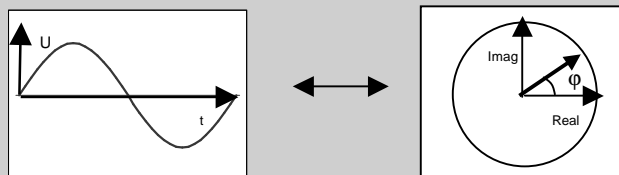
Eine weitaus bessere Charakterisierung kann mittels einer Frequenzgang-Analyse erfolgen (harmonische Analyse). Das problem kann sehr einfach in der komplexen Ebene betrachtet werden. Die Bewegungsgleichung kann nur dann in die komplexe Ebene transferiert werden, wenn die Anregungen und die Ergebnisse rein sinusförmig sind. Große Deformationen und andere Nichtlinearitäten sind hier zulässig.

Die Bewegungsgleichung wird also mit Ω als Kreisfrequenz zu:

$$[M]\{\ddot{U}\} + [C]\{\dot{U}\} + [K]\{U\} = \{F(t)\}$$

$$-\Omega^2 [M]\{\hat{U}\} e^{i\Omega t} + i\Omega [C]\{\hat{U}\} e^{i\Omega t} + [K]\{\hat{U}\} e^{i\Omega t} = \{\hat{F}\} e^{i\Omega t}$$

Die eigentlich sinusförmige Auslenkung eines jeden Knotens im Zeitbereich, wird überführt in ein Wertepaar aus Real- und Imaginärteil. Die verschiedenen Wertepaare ergeben aufgetragen einen drehenden Vektor.



Real und Imaginärteil schließen somit immer einen 90° Winkel ein. Sind zwei Signale nun zeitversetzt (zeitlich verschobene Anregungen), ergibt sich im Zeigerdiagramm ein Phasenwinkel φ zwischen beiden Vektoren.

Harmonische Analyse zur Systembeschreibung

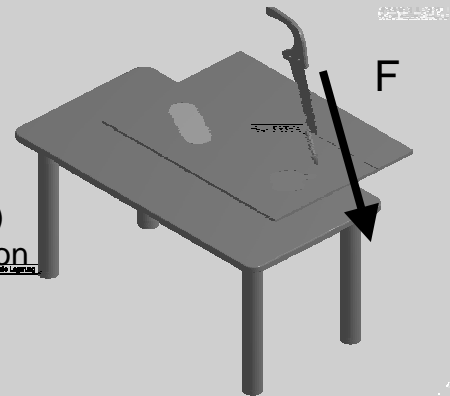
Ausgabe: 11 / 2003

Diese Zerlegung gilt nicht nur für Auslenkungen (Verschiebung) – sondern in gleichem Maße für alle anderen Belastungen wie Kräfte, Momente und auch Beschleunigungen, sodass der Anwender jeweils sowohl Real- als auch Imaginärteil der Last definieren kann und somit unterschiedliche Phasenlagen (zeitlicher Versatz) der Anregung definieren kann.

Zur Bestimmung eines Frequenzganges werden die Belastungen für die jeweilige Frequenz gelesen und das entsprechende Gleichungssystem für jede interessierende Frequenz neu gelöst.

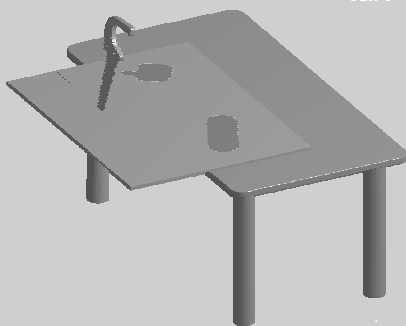
Für die Lösung von Frequenzgang-Analysen in ANSYS stehen dem Anwender 3 Verfahren zur Verfügung:

- direkt harmonische Lösung (Full harmonic)
- Frequenzgang mittels modaler Superposition
- reduzierter Frequenzgang mittels Guyan-Reduktion (reduced harmonic)



Lösung:

Das beiliegende Beispiel demonstriert die Berechnung des Frequenzganges anhand des Sägens einer dünnen Holzplatte.



Modelliert wurden hierzu eine auf einem Tisch aufliegende Holzplatte mit dem Einschnitt der Säge. Die Säge selbst dient nur der Visualisierung der Aufgabe – Ihre Systemeigenschaften und die Rückwirkung auf die führende Hand ist nicht berücksichtigt. Gegenstand der Analyse ist somit die dynamische Belastung der haltenden Hand und des stützenden Knie's.

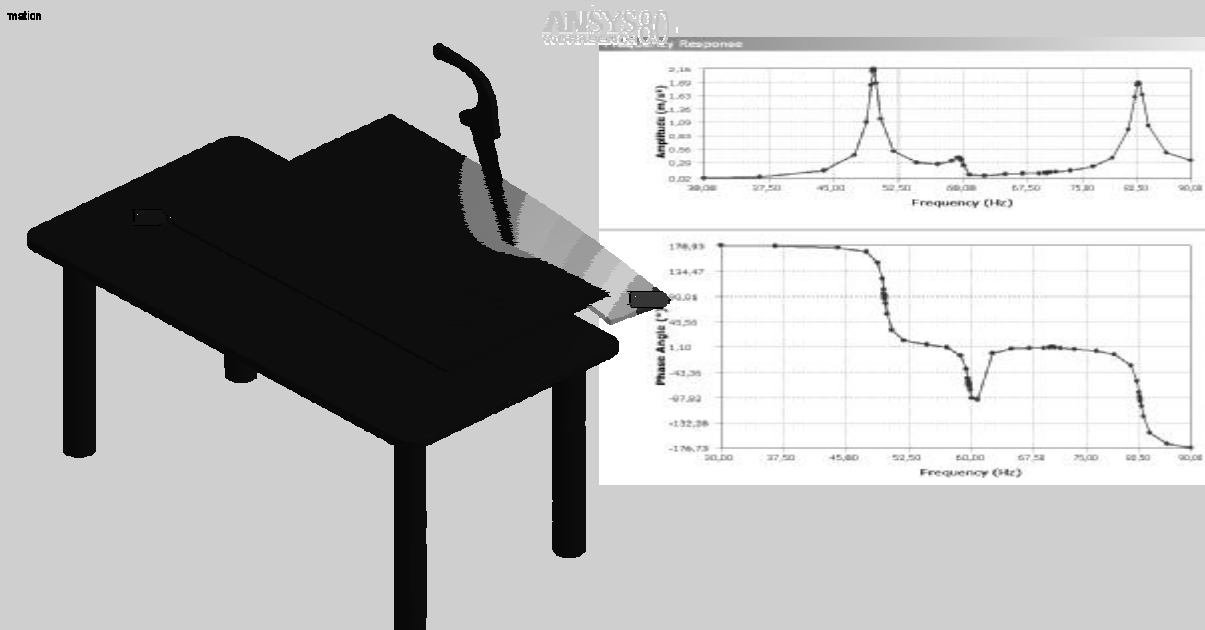
Während der Berechnung werden die Beine des Tisches am Boden festgehalten. Als Anregung dient eine sinusförmige Krafteinleitung an Sägegrund.

Harmonische Analyse zur Systembeschreibung

Ausgabe: 11 / 2003

Entsprechend des Arbeitstempo's soll ein Frequenzbereich von 30 bis 90 Hz untersucht werden. Dazu werden die Eigenwerte innerhalb dieses Frequenzbereiches bestimmt und nachfolgend eine harmonische Analyse Mittels modaler Superposition durchgeführt. Beide Berechnungen gelingen ohne große Einarbeitung in ANSYS Workbench.

Im Ergebnis der Analyse ist der Verlauf der Amplituden und Phasen an einzelnen Punkten der Struktur darstellbar. Die nachfolgende Abbildung zeigt die gemeinsame Darstellung im Bereich der festhaltenden Hand in einem Bode-Diagramm der auftretenden Beschleunigungen.



Zusätzlich dazu können beliebige „Zeitpunkte“ des Sägevorganges durch Expansion von Verformungen (oder anderen Resultaten) zu bestimmten Frequenzen und Phasenlagen ausgelesen werden.

Anhand solcher Berechnungen ist dann beispielsweise möglich eine geeignetere Festhalteposition zu wählen – um den Sägeschnitt möglichst gut abzustützen wenn gleichzeitig nur gering Vibrationen aufgenommen werden sollen.