

## Programm: ML\_07\_4\_Mehrfreiheitsgradschwinger\_4

Version: 1.0 April 2018

### Beschreibung:

Das Programm berechnet die Schwingungsantwort eines Mehrfreiheitsgradschwingers infolge einer Basiserregung (als Beschleunigungszeitverlauf) mithilfe der Modalanalyse. Zunächst werden sämtliche Eigenwerte und normierten Eigenvektoren berechnet. Anschließend werden die modale Steifigkeitsmatrix und die modale Massenmatrix des Systems bestimmt. Die Lösung der modalen (entkoppelten) Bewegungsgleichungen erfolgt mithilfe des Übertragungsverfahrens. Die dem Programm zugrunde gelegte Formulierung ist Abschn. 7.2.5 zu entnehmen.

### Eingabe:

- Eingabedateien:
  - *Inputdatei\_1*: Nachgiebigkeitsmatrix des Systems in [m/N] bzw. [1/Nm]. Sie wird im Programm unter Variable *H* eingelesen.
  - *Inputdatei\_2*: Massenmatrix des Systems in [kg] bzw. [kgm<sup>2</sup>], im Programm unter Variable *M* eingelesen.
  - *Inputdatei\_3*: Beschleunigungszeitverlauf am Fußpunkt (im Programm unter Matrix *Beschleunigung* eingelesen):
    - Spalte 1: Zeitvektor: *t\_acc* [s];
    - Spalte 2: Erregerkraftfrequenz: *acc* [m/s<sup>2</sup>];
  - *Inputdatei\_4*: Topologievektor *I*. Dieser Vektor, der aus „1“ oder „0“-Einträgen besteht, zeigt welche Freiheitsgrade von der Fußpunktbeschleunigung betroffen sind.
  - *Inputdatei\_5*: Modale Dämpfungsmaße (jede Zeile entspricht einer Eigenform). Sie werden im Programm unter Vektor *xi\_mod* eingelesen.
- Eingaben im Quellcode:
  - Gesamtzeit der Berechnung: *t\_ber* [s];
  - Berechnungsschritt: *dt* [s];
  - Anzahl der bei der Berechnung berücksichtigten Eigenformen: *n\_ef* [-];
  - Drei darzustellende Freiheitsgrade: *plot\_1\_EF*, *plot\_2\_EF*, *plot\_3\_EF*. Die Verschiebungen dieser Freiheitsgrade werden grafisch dargestellt. Es wird hierbei darauf hingewiesen, dass im Falle der Berechnung eines Systems mit weniger als drei Freiheitsgraden die vorhandenen Freiheitsgrade vielfach einzugeben sind.

### Ausgabe:

- *Outputdatei\_1*:
  - Bestätigung der Eingaben;
  - Anzahl der Freiheitsgrade *n*;
  - Anzahl der Berechnungsschritte *nt* [s];
  - Steifigkeitsmatrix *K* ([N/m] bzw. [Nm]);
  - Eigenkreisfrequenzen: Vektor *Omega* [1/s];
  - Eigenfrequenzen: Vektor *Freq* [Hz];
  - Eigenschwingzeiten: Vektor *T* [s];
  - Normierte Eigenformmatrix *A* [-]. Das Programm bietet drei Normierungsansätze an: auf das betragsgrößte Element, bezüglich der generalisierten Masse oder mit dem Wurzel-Ansatz.
  - Modale Steifigkeitsmatrix *K\_mod* ([N/m] bzw. [Nm]);
  - Modale Massenmatrix *M\_mod* ([kg] bzw. [kgm<sup>2</sup>]);
  - Maximale Verschiebungen aller Freiheitsgrade [m] bzw. [-];

- Minimale Verschiebungen aller Freiheitsgrade [m] bzw. [-];
  - Maximale Geschwindigkeiten aller Freiheitsgrade [m/s] bzw. [1/s];
  - Minimale Geschwindigkeiten aller Freiheitsgrade [m/s] bzw. [1/s];
- *Outputdatei\_2*: Verschiebungszeitverläufe
  - Spalte 1: Zeitvektor der Berechnung [s]
  - Ab Spalte 2: Verschiebungsvektoren aller Freiheitsgrade ([m], [-]);
- *Outputdatei\_3*: Geschwindigkeitszeitverläufe
  - Spalte 1: Zeitvektor der Berechnung [s]
  - Ab Spalte 2: Geschwindigkeitsvektoren aller Freiheitsgrade ([m/s], [1/s]);

#### **Hinweise:**

- Alle sich bei der Berechnung ergebenden Größen sind dimensionsecht. Bei der Eingabe können daher auch andere konsistente Einheiten gewählt werden wie z.B. [t] für die Masse und [kN] für die Kraft.
- Die Schrittweite  $dt$  sollte so gewählt werden, dass auch die höheren berücksichtigten Eigenschwingungen vollständig abgebildet werden. Ist z.B.  $f_i$  die höchste berücksichtigte von insgesamt  $n$  Eigenfrequenzen und  $T_i$  die zugehörige Eigenperiode ( $T_i = 1/f_i$ ), sollte  $dt$  kleiner als  $T_i/10$  sein.
- Wenn die Berechnungsdauer  $t_{ber}$  größer als die Dauer der Fußpunkterregung ist, wird der am Fußpunkt angebrachten Beschleunigungszeitverlauf über die Einwirkungsdauer hinaus mit weiteren Intervallen der Länge  $dt$  und Beschleunigungswerten Null ergänzt, bis  $t_{ber}$  erreicht ist.
- Die Berechnung mit dem Übertragungsverfahren setzt nicht gleich lange Intervalle der Anregung voraus. Im Berechnungsverlauf des Programms wird jedoch eine Interpolation der Einwirkung mit Bezug auf den vorgegebenen Zeitschritt  $dt$  durchgeführt. Somit ergeben sich sowohl während der Einwirkung als auch im Ausschwingvorgang gleich lange Intervalle, die programmtechnisch einfacher zu handhaben sind. Vielmehr ergibt sich die Möglichkeit, höhere Frequenzanteile durch frei definierbare Zeitschritte besser zu erfassen.

**Vordefiniertes Beispiel:** Zahlenbeispiel in Abschn. 7.2.5.