

## Programm: ML\_07\_5\_Mehrfreiheitsgradschwinger\_5

Version: 1.0 April 2018

### Beschreibung:

Das Programm berechnet die Schwingungsantwort eines Mehrfreiheitsgradschwingers bei vorgegebenen Anfangsauslenkungen und –geschwindigkeiten sowie beliebigen Erregerkräften. Die direkte numerische Integration des Differentialgleichungssystems, das die Bewegung des Mehrfreiheitsgradschwingers kennzeichnet (bspw. Gl. 83 in Abschn. 7), erfolgt mittels des Differenzenverfahrens. Die dem Programm zugrunde gelegte Formulierung des Verfahrens ist Abschn. 7.3 zu entnehmen.

### Eingabe:

- Eingabedateien:
  - *Inputdatei\_1*: Steifigkeitsmatrix des Systems in [N/m] bzw. [Nm]. Sie wird im Programm unter Variable *K* eingelesen.
  - *Inputdatei\_2*: Massenmatrix des Systems in [kg] bzw. [kgm<sup>2</sup>], im Programm unter Variable *M* eingelesen.
  - *Inputdatei\_3*: Dämpfungsmatrix des Systems in [Ns/m] bzw. [Nms]. Sie wird im Programm unter Variable *D* eingelesen.
  - *Inputdatei\_4*: Erregerkraftverläufe (im Programm unter Matrix *Kraftverlauf* eingelesen):
    - Spalte 1: Zeitvektor [s], im Programm unter *t\_kraft* eingelesen.
    - Ab Spalte 2: die Kraftvektoren in [N] (bzw. [Nm]) der an den unterschiedlichen Freiheitsgraden wirkenden Lasten (im Programm unter Matrix *Kraft* eingelesen).
  - *Inputdatei\_5*: Anfangsbedingungen (Im Programm unter Variable *Anfangswerte* eingelesen):
    - Spalte 1: Anfangsverschiebungen aller Freiheitsgrade in [m] bzw. [-]. Sie werden Quellcode durch den Vektor *y\_0* ausgedrückt;
    - Spalte 2: Anfangsgeschwindigkeiten aller Freiheitsgrade in [m/s] bzw. [1/s], im Quellcode durch den Vektor *v\_0* ausgedrückt.
- Eingaben im Quellcode:
  - Berechnungszeitschritt *dt* [s];
  - Gesamtzeit der Berechnung: *t\_ber* [s];
  - Drei darzustellende Freiheitsgrade: *plot\_1\_EF*, *plot\_2\_EF*, *plot\_3\_EF*. Die Bewegungsgrößen 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 Berechnungszeitschritte *nt* [s];
  - Nachgiebigkeitsmatrix *H* ([m/N] bzw. [1/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.

- Betragsmaximale Verschiebungen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen für jede Masse.
- *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]);
- *Outputdatei\_4*: Beschleunigungszeitverläufe
  - Spalte 1: Zeitvektor der Berechnung [s]
  - Ab Spalte 2: Beschleunigungsvektoren aller Freiheitsgrade ([m/s<sup>2</sup>], [1/s<sup>2</sup>]);

**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.
- Wenn die Berechnungsdauer  $t_{ber}$  größer als die Dauer der Krafterregung ist, werden die Kraftvektoren über die Einwirkungsdauer hinaus mit Nulleinträgen ergänzt, bis  $t_{ber}$  erreicht ist.
- 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.
- Aufgrund des bei der Matlab-Programmierung auf 1 festgelegten Ursprungs von Vektoren und Matrizen (Laufvariablen können innerhalb eines Vektors nicht bei null anfangen), mussten die dem Programm zugrunde liegenden, im Buch angegebenen Gleichungen für die Matlab-Programmierung entsprechend angepasst werden.

**Vordefiniertes Beispiel:** Zahlenbeispiel in Abschn. 7.3.2.