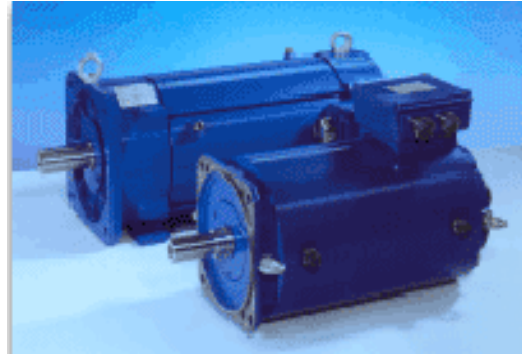


KISSsoft AG
Frauwis 1
CH - 8634 Hombrechtikon
Telefon: +41 55 264 20 30
Fax: +41 55 264 20 33
Email: info@KISSsoft.ch

KISSSOFT
Berechnungssoftware für den Maschinenbau

KISSsys Anwendung:

Automatische Erstellung von Kennlinien basierend auf biegekritischen Drehzahlen für Elektromotoren



Stichworte: Biegekritische Drehzahl, Zielwertsuche, Lagersteifigkeit
Letzte Änderung: 16. Aug. 2005

1 Aufgabenstellung

Für verschiedene Betriebsdrehzahlen eines Elektromotors soll die zulässige Masse bestimmt werden, die an die Wellen angeflanscht werden darf, ohne dass die biegekritische Drehzahl unter die Betriebsdrehzahl sinkt. Dabei wird die Position der Masse auf der Welle variiert. Die errechneten Werte für die zulässigen Massen werden als Kurvenschar in einem Katalog verwendet. Ziel ist es, durch den Einsatz von KISSsys den Zeitaufwand für die Erstellung dieser Daten massiv zu verkürzen.

2 Lösungsprinzip

Für ein gegebenes Paar an Eingabewerten (Position der Masse und geforderter Wert der Drehzahl, Betriebsdrehzahl) wird die zulässige Masse mittels einer Iteration gesucht. Es wird mit einem Startwert für die Masse eine erste Berechnung durchgeführt und diese geschätzte Masse basierend auf der Abweichung zwischen der errechneten und der geforderten ersten biegekritischen Drehzahl variiert. Die Iteration ist erfolgreich und beendet wenn diese Abweichung einen vorgegebenen Wert (zulässiger Fehler) unterschreitet. Diese Iteration wird für alle Kombinationen von Drehzahlen und Positionen der Last wiederholt und die Resultate werden in einer Tabelle gespeichert. Von dort können sie z.B. nach Excel kopiert werden um die Kurvenschar zu generieren.

3 Beschreibung des Modells

3.1 Aufbau der Welle

Die Wellengeometrie wird in KISSsoft erstellt und beinhaltet neben der Welle selbst die Lagerungen, eine Masse zur Repräsentation der Wicklung sowie die angeflanschte Masse als Punktmasse:

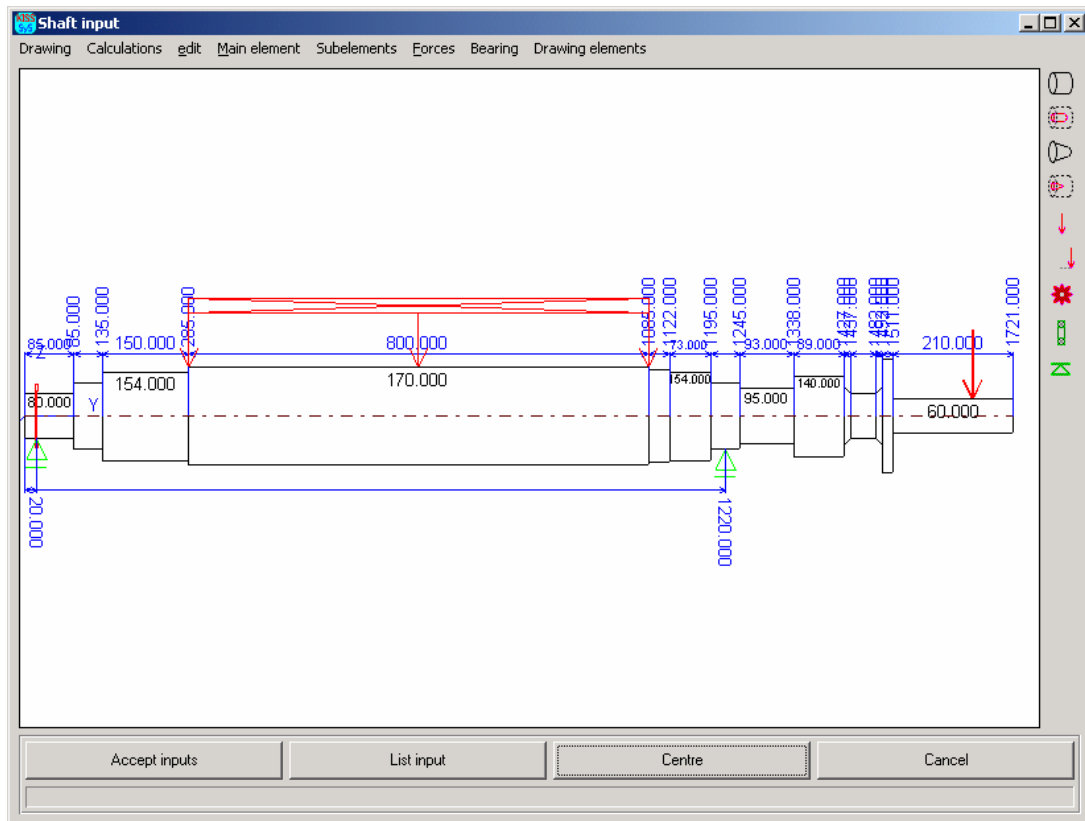


Abbildung 3.1-1 Wellengeometrie mit Lagerungen und der aufgebracht Punktmasse am rechten Wellenende (als roter Pfeil repräsentiert).

Die Position der Masse am rechten Wellenende kann zwischen den Werten $y=1515\text{mm}$ bis 1715mm variiert werden. Die Geometrie der Welle kann jederzeit angepasst werden. Die Lager sind hier als starr angenommen (unendlich hohe Steifigkeit in radialer Richtung), können aber auch mit Federsteifigkeiten versehen werden.

3.2 Verwendung des User Interface

Die Berechnung der zulässigen Masse wird über das User Interface bestimmt:

The screenshot shows the 'InOut Table' window with a table of calculation parameters and results. The table has columns for 'Analyze', 'Speed (Upm)', 'Position (mm)', 'No. of speeds', 'No. of positions', 'Accuracy (Upm)', 'Max. iterations', and 'Start mass (kg)'. The 'Analyze' column contains values like 1500, 1550, 1600, 1650, 1650, 1650, 1650, 1650, 1650, 1650, 1650, 1650. The 'Speed (Upm)' column contains values like 3900, 4200, 4500, 4800, 4000, 4000, 4000, 4000, 4000, 4000, 4000, 4000. The 'Position (mm)' column contains values like 1500, 1550, 1600, 1650, 1650, 1650, 1650, 1650, 1650, 1650, 1650, 1650. The 'No. of speeds' column contains the value 4. The 'No. of positions' column contains the value 4. The 'Accuracy (Upm)' column contains values like 446.8, 290.6, 191.4, 126.4, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0. The 'Max. iterations' column contains values like 372.7, 243, 160.4, 106.1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0. The 'Start mass (kg)' column contains the value 100. The 'Accuracy (Upm)' column also contains values like 310.9, 259.9, 203.7, 170.5, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0. The 'Max. iterations' column also contains values like 113.5, 75.9, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0. The 'Start mass (kg)' column also contains the value 0.

Abbildung 3.2-1 User Interface zur Definition der Berechnung und Ausgabe der Resultate.

Es ist möglich, für zwanzig Drehzahlen und für zwanzig Positionen die zulässige Masse berechnen zu lassen. Die Zahl der gewünschten Positionen und die Zahl der gewünschten Drehzahlen wird unter „No. of speeds“ und „No. of positions“ angegeben. Hier sind vier

Drehzahlen und vier Positionen gewünscht, es werden also sechzehn Resultate generiert. Die einzelnen Positionen, an denen die Zusatzmasse platziert werden soll, sind in der Spalte „Position (mm)“ angegeben. Die einzelnen Drehzahlen, für die die zulässige Masse gesucht werden soll, sind in der Reihe „Speed (Upm)“ angegeben.

Weiter werden Angaben zur Iteration verlangt, siehe dazu weiter unten.

Die Berechnung der zulässigen Massen wird durch Doppelklick auf „Analyse“ gestartet.

Die Resultate können dann markiert, kopiert und z.B. in Excel eingefügt werden:

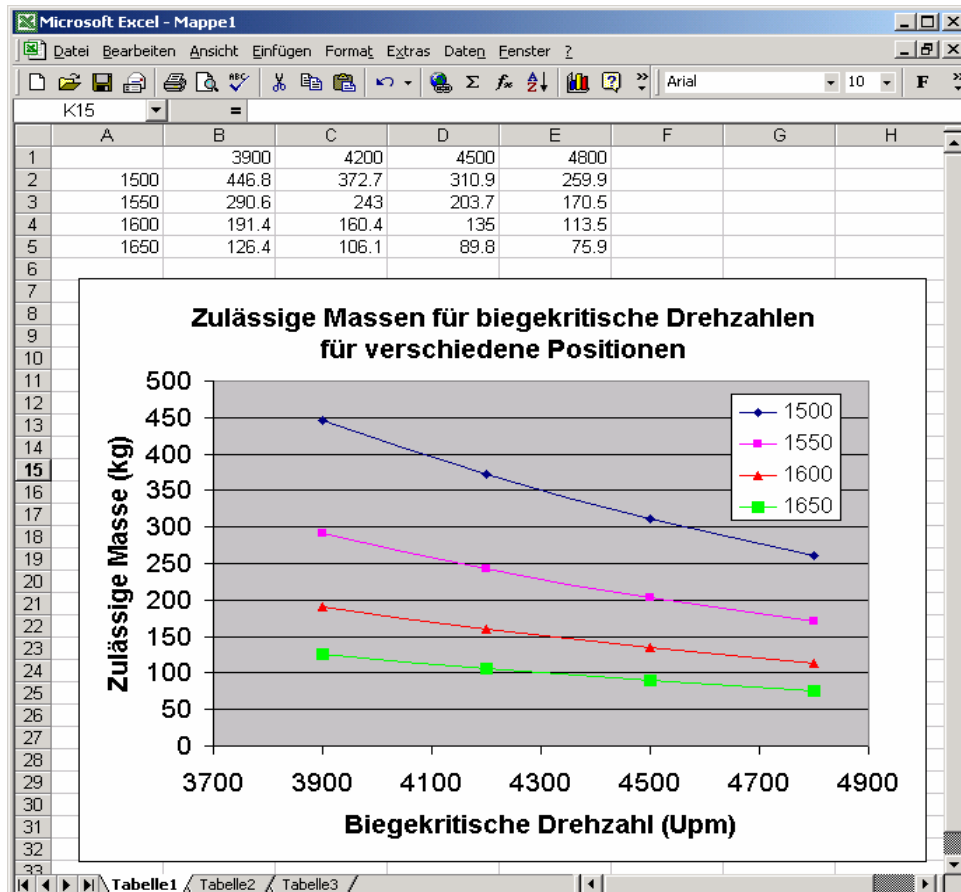
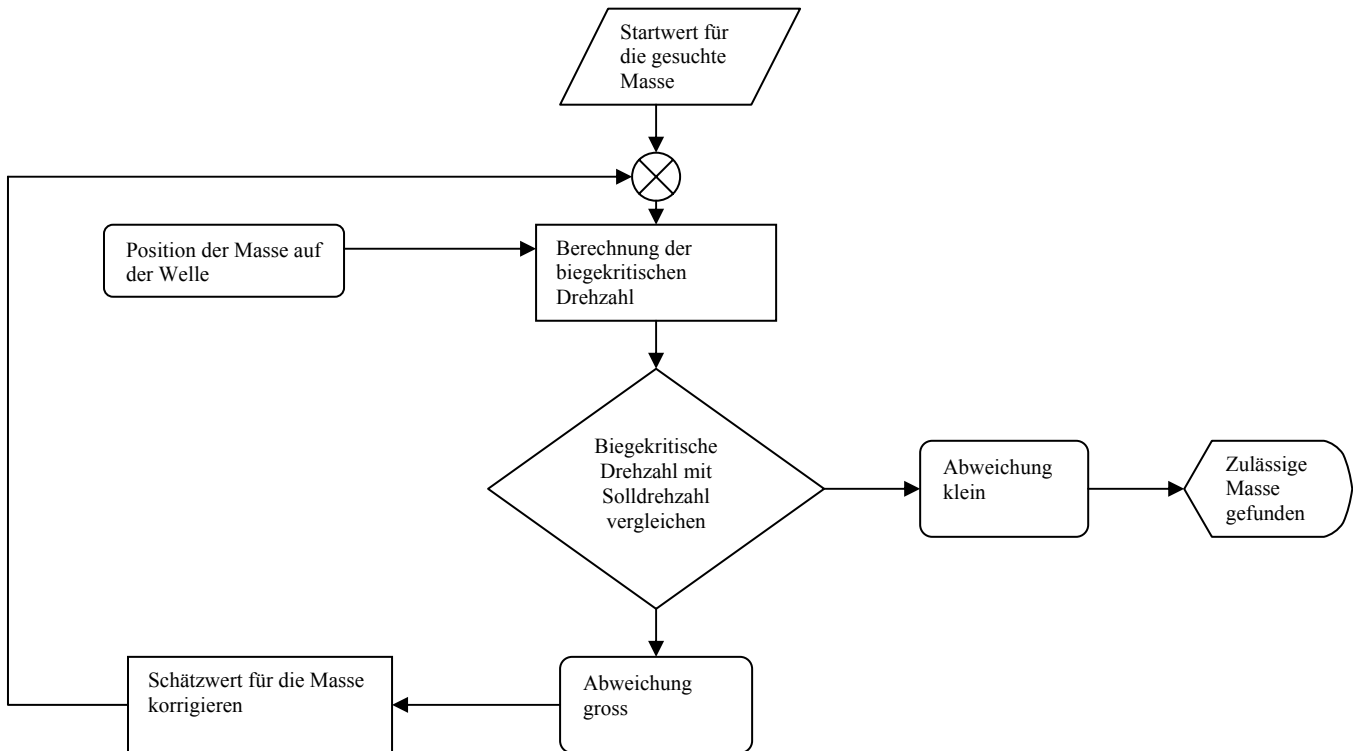


Abbildung 3.2-2 Weiterverarbeitung der Resultate in Excel.

Damit kann für eine beliebige Wellengeometrie innerhalb weniger Minuten eine Übersicht über zulässige Massen erstellt werden.

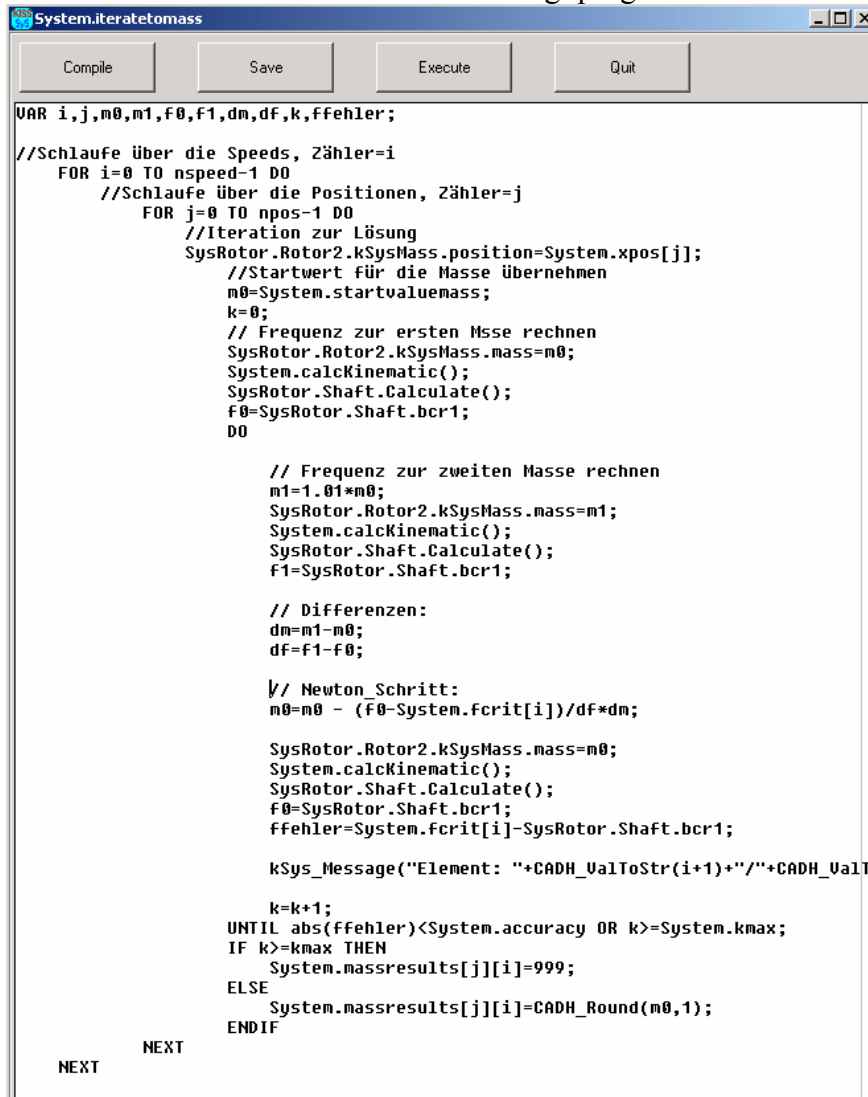
3.3 Zielwertsuche / Iteration

Das KISSsys Modell beruht auf einer Zielwertsuche:



Diese geht von einem Startwert für die zulässige Masse (im Feld „Start mass (kg)“ vom User definierbar) aus. Liegen Erfahrungswerte vor, kann durch die Vorgabe einer sinnvollen Startmasse Zeit in der Iteration gespart werden. Mit dieser Masse an der gewünschten Position wird die erste biegekritische Drehzahl in KISSsoft berechnet und an KISSsys zurückgegeben. KISSsys vergleicht nun den Ist-Wert (den berechneten Wert) mit dem Soll-Wert (der Solldrehzahl/Betriebsdrehzahl). Der Schätzwert wird in Abhängigkeit der Abweichung korrigiert und die Iteration wird wiederholt. Sinkt die Abweichung zwischen Ist- und Soll-Wert unter einen unter „Accuracy (Upm)“ definierten Fehler, wird die Iteration als erfolgreich bewertet und die Masse als Resultat in die Tabelle geschrieben. Als Sicherheit kann unter „Max. Iterations“ die Zahl der Iterationen beschränkt werden, damit werden Endlosschleifen und unsinnige Eingaben / Resultate abgefangen. Die Iteration wird für jedes Paar von vorgegebener Drehzahl und Position auf der Welle wiederholt.

Die dabei verwendete Funktion ist wie folgt programmiert:



```
System.iteratetomass
Compile Save Execute Quit
VAR i,j,m0,m1,f0,f1,dm,df,k,ffehler;
//Schleife über die Speeds, Zähler=i
FOR i=0 TO nspeed-1 DO
  //Schleife über die Positionen, Zähler=j
  FOR j=0 TO npos-1 DO
    //Iteration zur Lösung
    SysRotor.Rotor2.kSysMass.position=System.xpos[j];
    //Startwert für die Masse übernehmen
    m0=System.startvaluemass;
    k=0;
    // Frequenz zur ersten Masse rechnen
    SysRotor.Rotor2.kSysMass.mass=m0;
    System.calcKinematic();
    SysRotor.Shaft.Calculate();
    f0=SysRotor.Shaft.bcr1;
    DO

      // Frequenz zur zweiten Masse rechnen
      m1=1.01*m0;
      SysRotor.Rotor2.kSysMass.mass=m1;
      System.calcKinematic();
      SysRotor.Shaft.Calculate();
      f1=SysRotor.Shaft.bcr1;

      // Differenzen:
      dm=m1-m0;
      df=f1-f0;

      // Newton Schritt:
      m0=m0 - (f0-System.fcrit[i])/df*dm;

      SysRotor.Rotor2.kSysMass.mass=m0;
      System.calcKinematic();
      SysRotor.Shaft.Calculate();
      f0=SysRotor.Shaft.bcr1;
      ffehler=System.fcrit[i]-SysRotor.Shaft.bcr1;

      kSys_Message("Element: "+CADH_ValToStr(i+1)+"/"+CADH_ValT

      k=k+1;
    UNTIL abs(ffehler)<System.accuracy OR k>=System.kmax;
    IF k>=kmax THEN
      System.massresults[j][i]=999;
    ELSE
      System.massresults[j][i]=CADH_Round(m0,1);
    ENDIF
  NEXT
NEXT
```

In zwei geschachtelten Schleifen wird für jede Drehzahl und für jede Position auf der Welle die Iteration durchgeführt. Diese beginnt mit zwei Startwerten für die Massen und arbeitet gemäss dem Newton Verfahren.

4 Zusammenfassung

In KISSsys wurde ein Modell erstellt, das für verschiedene Positionen einer Masse auf einer Welle die zulässige Masse bestimmt, so, dass die erste biegekritische Drehzahl gerade einen vorgegebenen Wert erreicht. Es können zwanzig verschiedenen Positionen und zwanzig verschiedene Drehzahlen definiert werden, die Berechnung für diese vierhundert Kombinationen dauert zwischen fünf und zehn Minuten. Durch den einfachen Export nach z.B. Excel können so innert wenigen Minuten Kurvenscharen von zulässigen Massen generiert werden, deren Berechnung ohne dieses Hilfsmittel mehrere Stunden dauerte.