

Torsionsschwingungen in einer Windkraftanlage

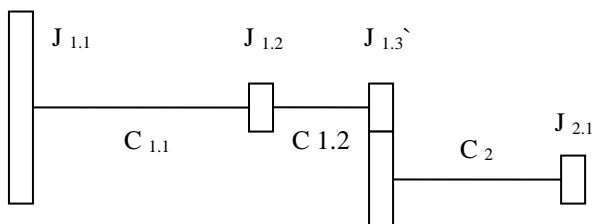
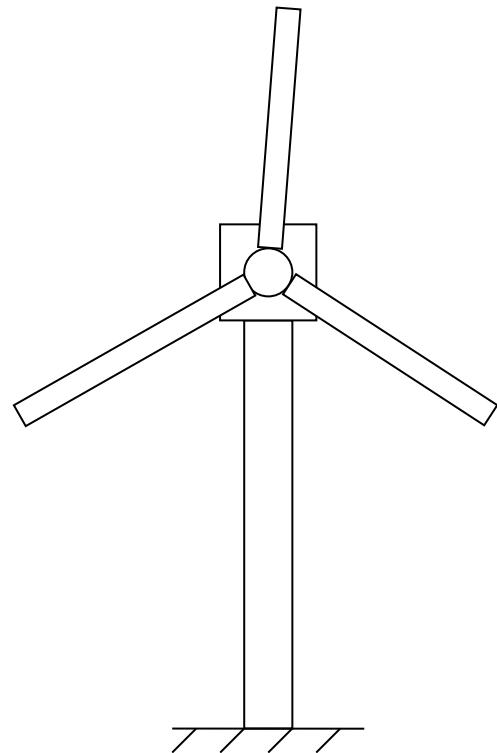
0. Grundlagen

- freie und erzwungene Schwingung
- ungedämpfte und gedämpfte Schwingung
- Erregerfrequenz, Eigenfrequenz, Resonanz
- Frequenzspektrum, FFT-Analyse
- harmonische und nichtlineare Schwingungen
- mechanische Leistung, Drehzahl, Drehmoment
- Torsions- und Dauerfestigkeit von Wellen

1. Gegeben

Windkraftanlage mit folgenden Daten:

- Nennleistung $P_{el} = 1,2 \text{ MW}$
- Drehzahl $n = 0 \dots 45 \text{ min}^{-1}$
- 3-Blatt-Propeller $J_{1.1} = 40.000 \text{ kgm}^2$
- Antriebswelle $c_{1.1} = 50 \cdot 10^6 \text{ Nm/rad}$
- Dämpfung $b_{1.1} = 10000 \text{ Nms/rad}$
- Scheibenbremse $J_{1.2} = 616 \text{ kgm}^2$
- Zwischenwelle $c_{1.2} = 90 \cdot 10^6 \text{ Nm/rad}$
- Dämpfung $b_{1.2} = 5000 \text{ Nms/rad}$
- Getriebeträgheit red. $J_{1.3} = 1400 \text{ kgm}^2$
- Getriebeübersetzung $i_{1.2} = 1:36,67$
- Abtriebswelle $c_2 = 30 \cdot 10^6 \text{ Nm/rad}$
- Dämpfung $b_2 = 50 \text{ Nms/rad}$
- Generator $J_{2.1} = 236 \text{ kgm}^2$
- η Getriebe mit Generator = 0,85



2. Aufgabe

Erstellen Sie eine Simulation für Schwingungen im Antriebsstrang einer Windkraftanlage. Bestimmen Sie Eigenfrequenzen und Eigenschwingformen.

Bewerten Sie die auftretenden Lastvielfache in Abhängigkeit der Drehzahl.

Ermitteln Sie schließlich die Ursache für einen aufgetretenen Schaden im Antriebsstrang.

3. Versuchsdurchführung

a)

Wodurch können Torsionsschwingen in einer Windkraftanlage entstehen? (Berücksichtigen Sie dabei auch aerodynamische Aspekte.) Welche Bauteile werden wie beansprucht? Welche Daten muss demnach Ihre Simulation ausgeben, damit Sie die benötigten Werte und Signalverläufe zu erhalten?

Bauen Sie das System auf und prüfen Sie seine (realistische) Funktion.

Zeichnen Sie dazu den Signalverlauf im Ausschwingversuch ohne Schwingungsanregung auf.

b)

Bestimmen Sie alle Eigenfrequenzen und Eigenschwingformen der Originalwelle. Bewerten Sie die Lage der Erregerfrequenzen zu den Eigenfrequenzen!

c)

Realisieren Sie eine wirklichkeitsnahe Schwingungsanregung. Gibt es eine Überlagerung von systembedingten Bewegungen? Was bedeutet das für die Visualisierung Ihrer Ergebnisverläufe? Lässt sich die Überlagerung vereinfachen?

d)

Experimentieren Sie im Drehzahlbereich der Windkraftanlage (einzelne Werte und Frequenzdurchlauf) und finden Sie die kritische Drehzahl(en) heraus. Setzen Sie die ermittelten Torsionsschwingungen ins Verhältnis zum Anlagen-Nennmoment und kennzeichnen Sie auch anhand der FFT die Schadensursache. Geben Sie daraus Hinweise zu notwendigen Änderungen an der Konstruktion der Anlage.

4. Auswertung

a)

- Freiheitsgrade der Baugruppen einer Windkraftanlage
- Anregungen für Schwingungen
- Modellierung des Antriebsstranges (Modellaufbau, Parametrierung, Ergebnisfenster)

b)

- 3 Möglichkeiten der Ermittlung von Eigenfrequenzen
- Darstellung der Eigenschwingformen (Auslesen aus der Software und Darstellung in Diagrammen)
- Frequenzbewertung

c)

- Modellierung der Anregung, Signalfolge
- Vermeidung einer störenden Bewegung
- Vermeidung einer Anlaufferregung

Wie wäre ein komplettes Modell aufzubauen?

d)

- Umsetzen einer drehzahlvariablen Anregung ohne/mit freier Impulskurve
- Finden von Resonanzdrehzahlen, weshalb Korrektur der gefundenen Werte?
- Warum müssen die Momente für konstante Drehzahlen einzeln simuliert werden?

Zeigen Sie die Lösung des Schwingungsproblem anhand eines erweiterten Modells auf!

Kennzeichnen Sie dazu das wesentliche Auslegungskriterium!