



The northernmost University of Technology in Scandinavia
World-class research and education

CHALMERS



Strömnings- exciterande svängningar i vattenkraftturbiner

Svenska mekanikdagar 2007
Luleå 2007-06-13

Martin Karlsson
Håkan Nilsson

LULEÅ
UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY





Agenda

- Rotordynamik
- Dynamiska konsekvenser av strömningsexciterande svängningar i vattenkraftverk
- Exempel på fenomen i kommersiella anläggningar
- Modellering av strömningsexciterade svängningar med hjälp av OpenFOAM

Rotordynamik

- Torsionsvängningar, axiella and lateral svängningar

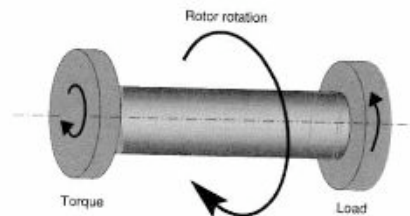


Figure 1.1.1 Main required performance of the rotor: Torque to load through rotational speed.

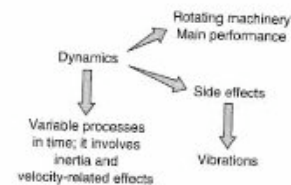


Figure 1.1.2 Energy flow in rotating machine during its operation; vibrations result as side effects of the main dynamic process.

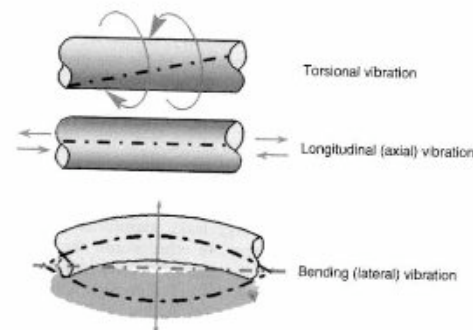
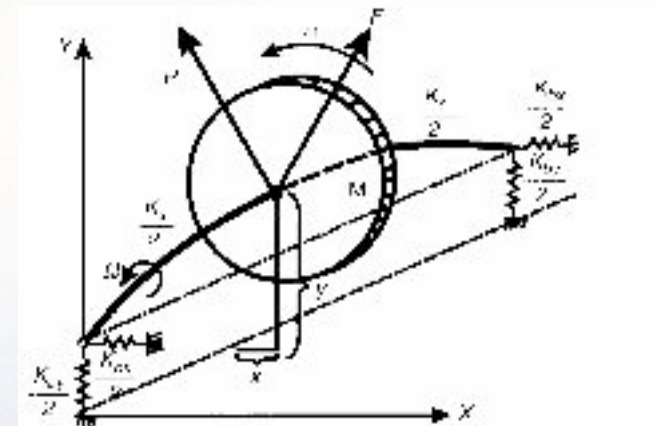
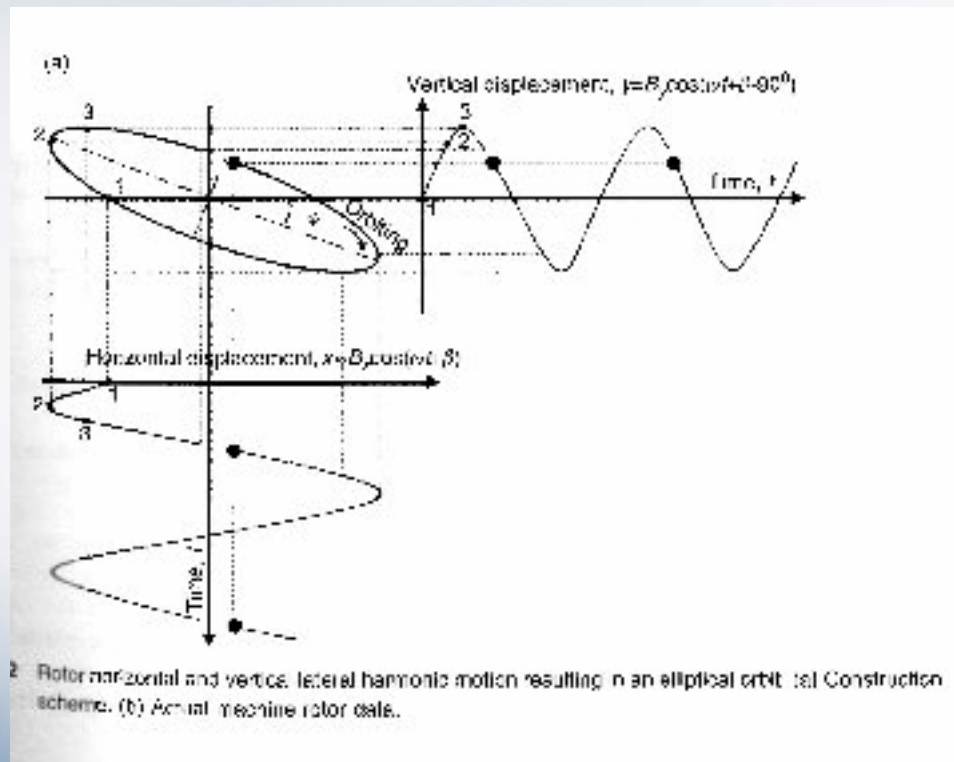


Figure 1.1.3 Rotor vibration modes as side effects of dynamic process of energy transfer from the source to work.

Rotordynamik

■ Orbital lateral rörelse





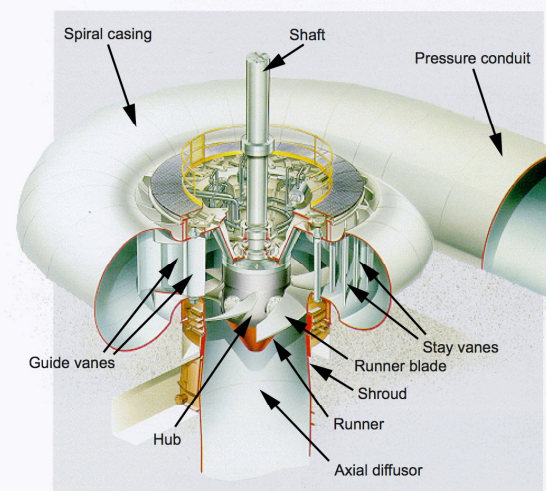
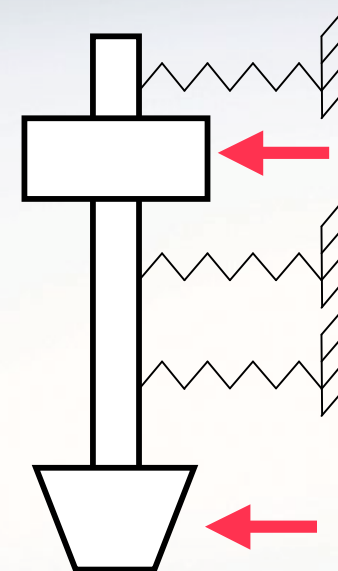
Rotordynamik

- Gyroskopisk effekt => egenfrekvenser ändras med rotorns varvtal
- Lager och tätningar påverkar systemets styvhet, dämpning och därmed också dess stabilitet
- Elektromekaniska krafter kan ha stor inverkan på systemets dynamiska beteende
- Turbiner och processmaskiner => strömning-rotorinteraktion

$$\overline{M}\ddot{\vec{x}} + (\overline{C} + \omega\overline{G})\dot{\vec{x}} + \overline{K}\vec{x} = \vec{F}(t)$$

Dynamiska konsekvenser av strömningsexciterade svängningar i vattenkraftverk

- Excitation på grund av bladpassage, ledskene vakar och vortexrep i sugrör
- Strömningskrafter proportionella mot acceleration, hastighet och förskjutning
- Transienta interaktioner vid uppstart, förändring av driftsförhållande, och stopp





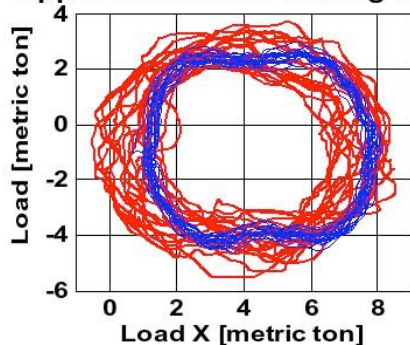
The northernmost University of Technology in Scandinavia
World-class research and education

CHALMERS

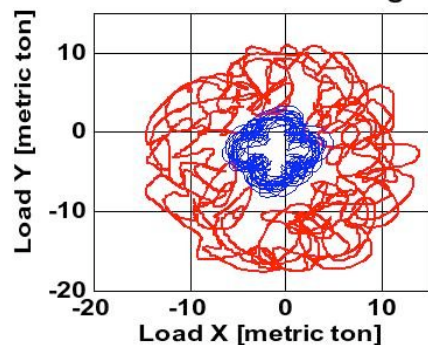


Exempel på fenomen i kommersiella vattenkraft anläggningar

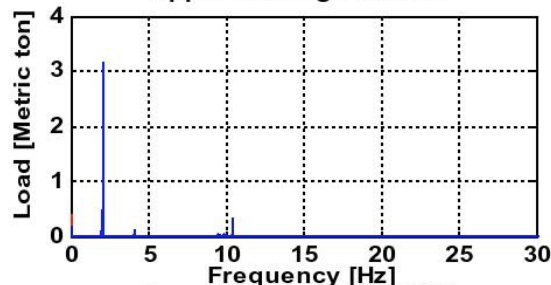
Upper Generator Bearing Load



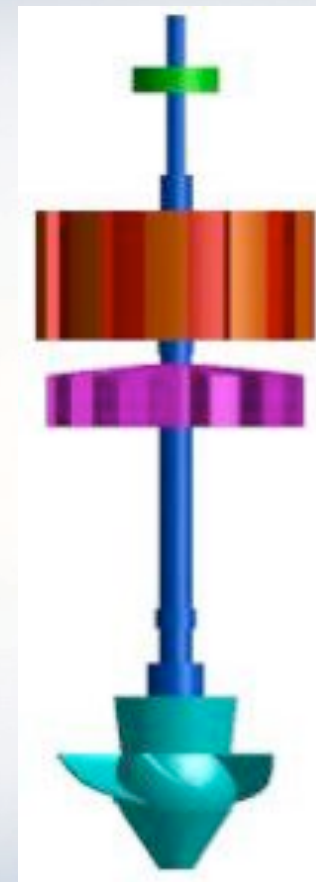
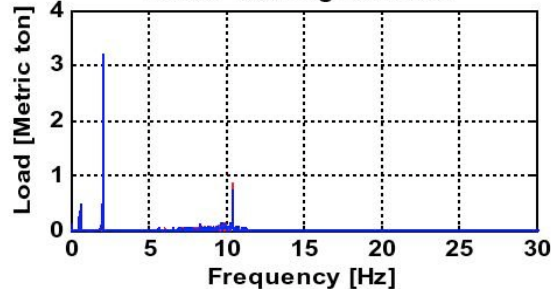
Lower Generator Bearing Load



Upper bearing Load X-Y



Lower Bearing Load X-Y



LULEÅ
UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

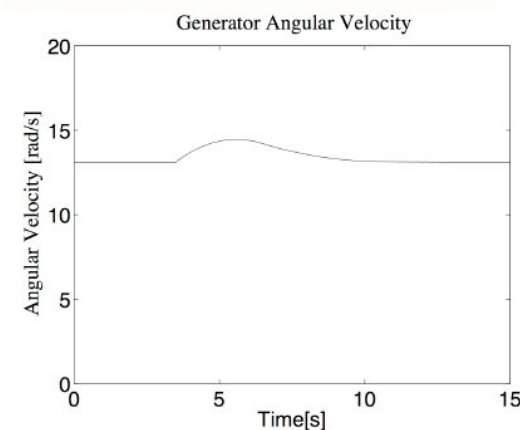
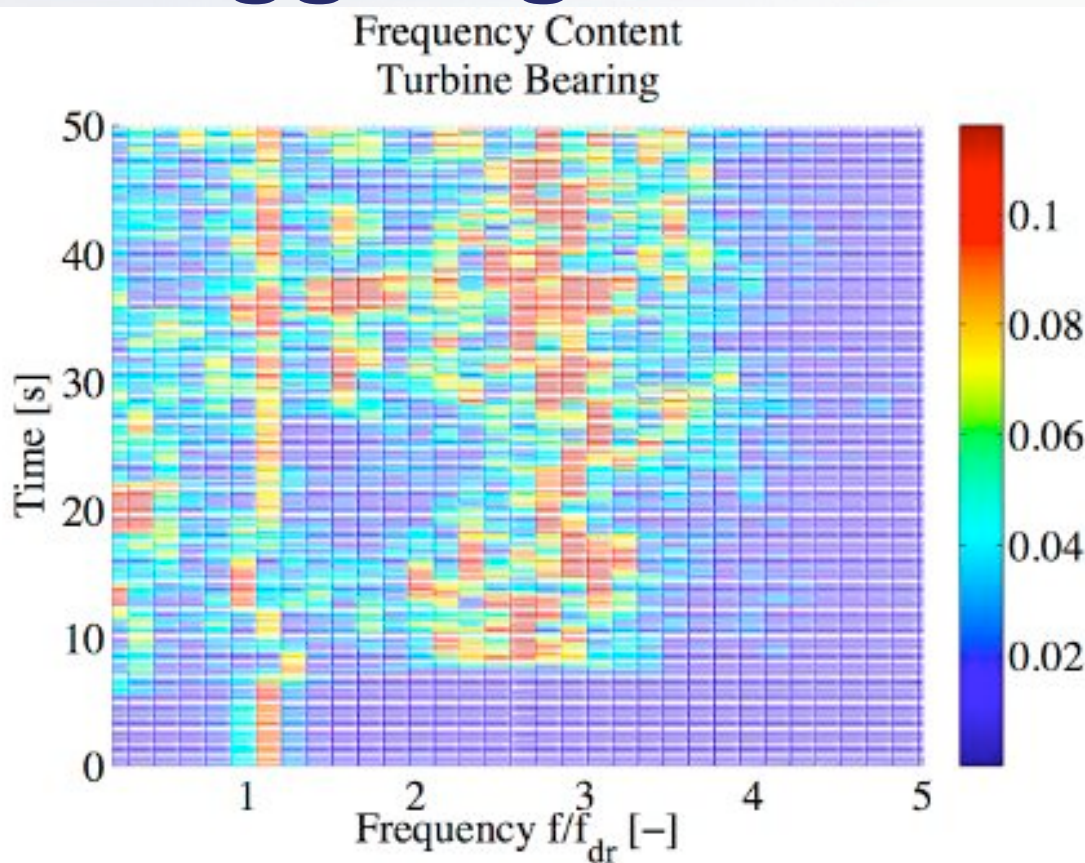


The northernmost University of Technology in Scandinavia
World-class research and education

CHALMERS



Exempel på fenomen i kommersiella vattenkraft anläggningar



LULEÅ
UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY



Modellering av strömningsexciterande svängningar med hjälp av OpenFOAM

- Implementering av postprocess-verktyg för rotordynamik
- Implementering av transient strömningslösare för rotordynamiska krafter, moment och koefficienter:
 - Periodiska krafter och moment på turbinens löphjul
 - Krafter och moment för föreskriven roterande hastighet
 - Krafter och moment för föreskriven orbital rörelse

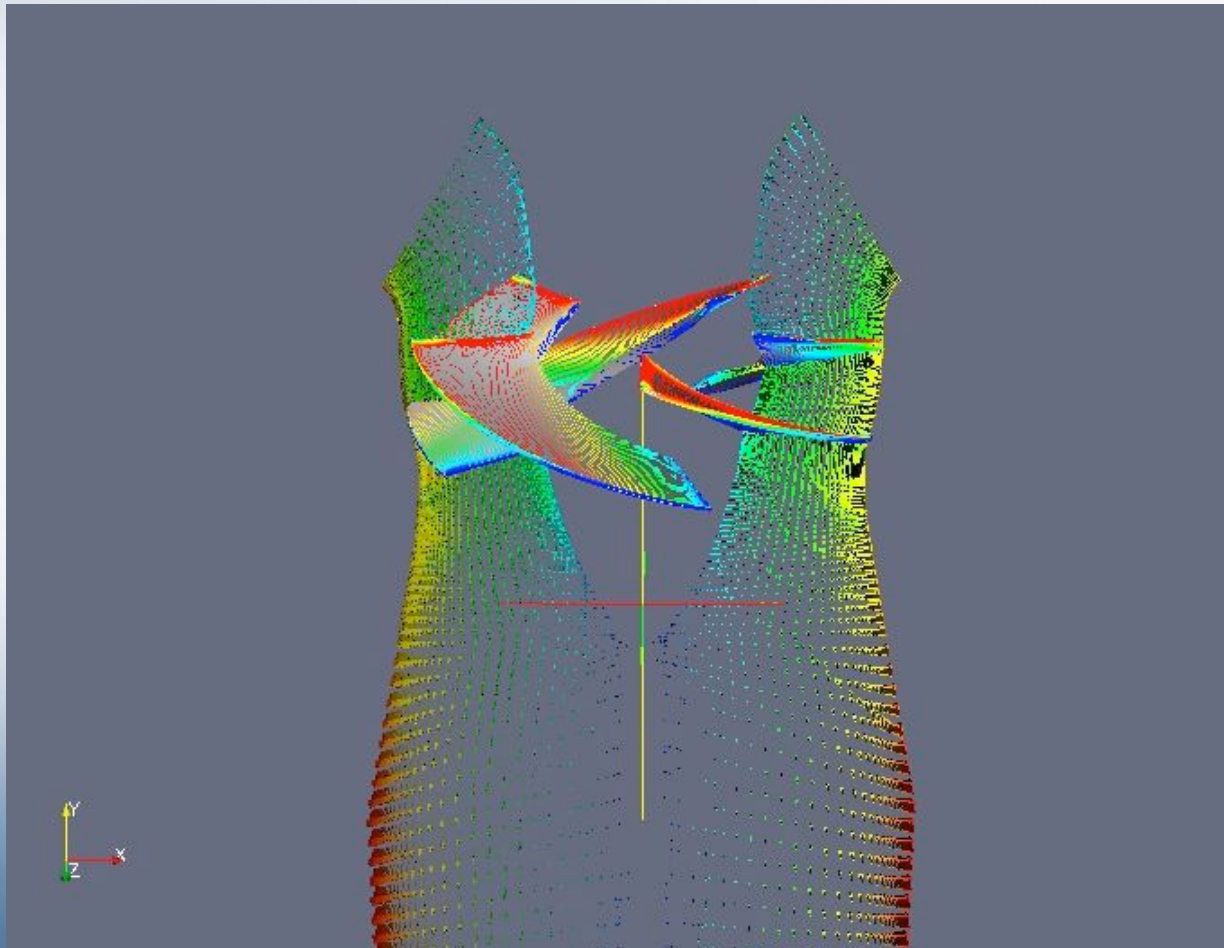


The northernmost University of Technology in Scandinavia
World-class research and education

CHALMERS



Exempel modell av kaplanturbin



LULEÅ
UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

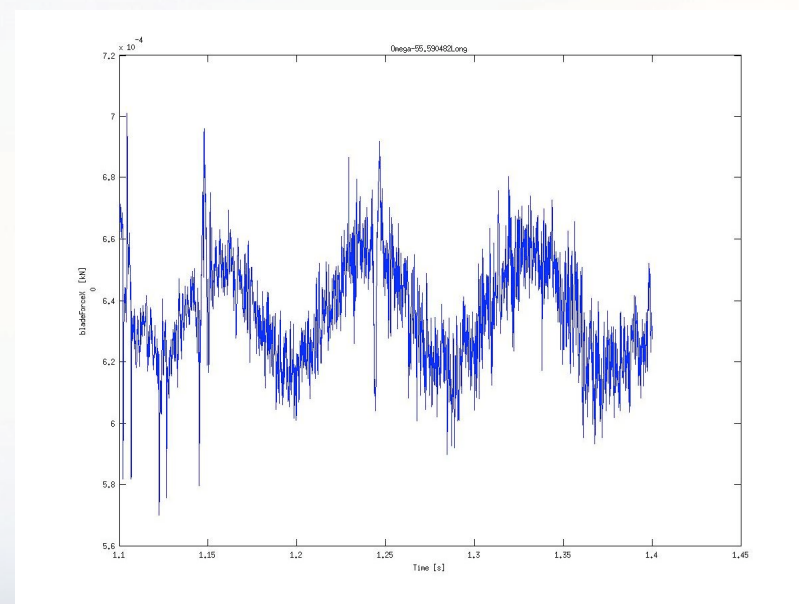
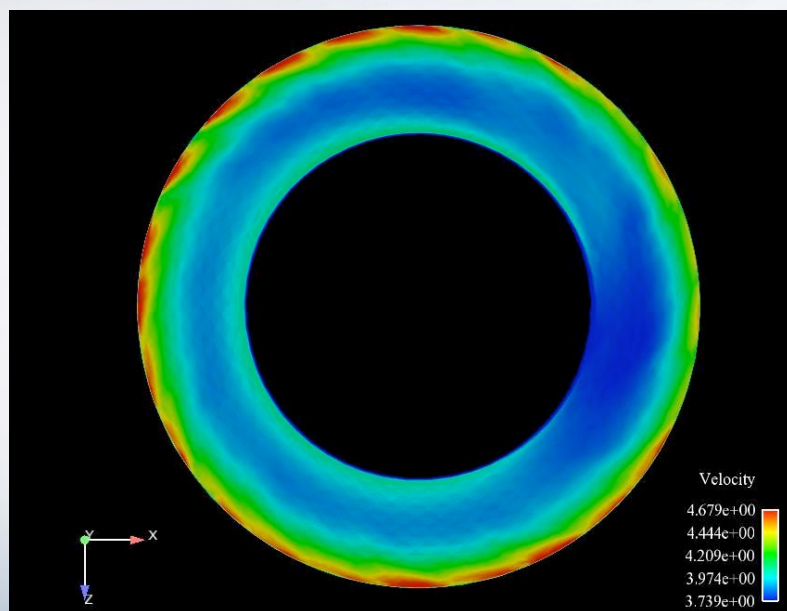


The northernmost University of Technology in Scandinavia
World-class research and education

CHALMERS

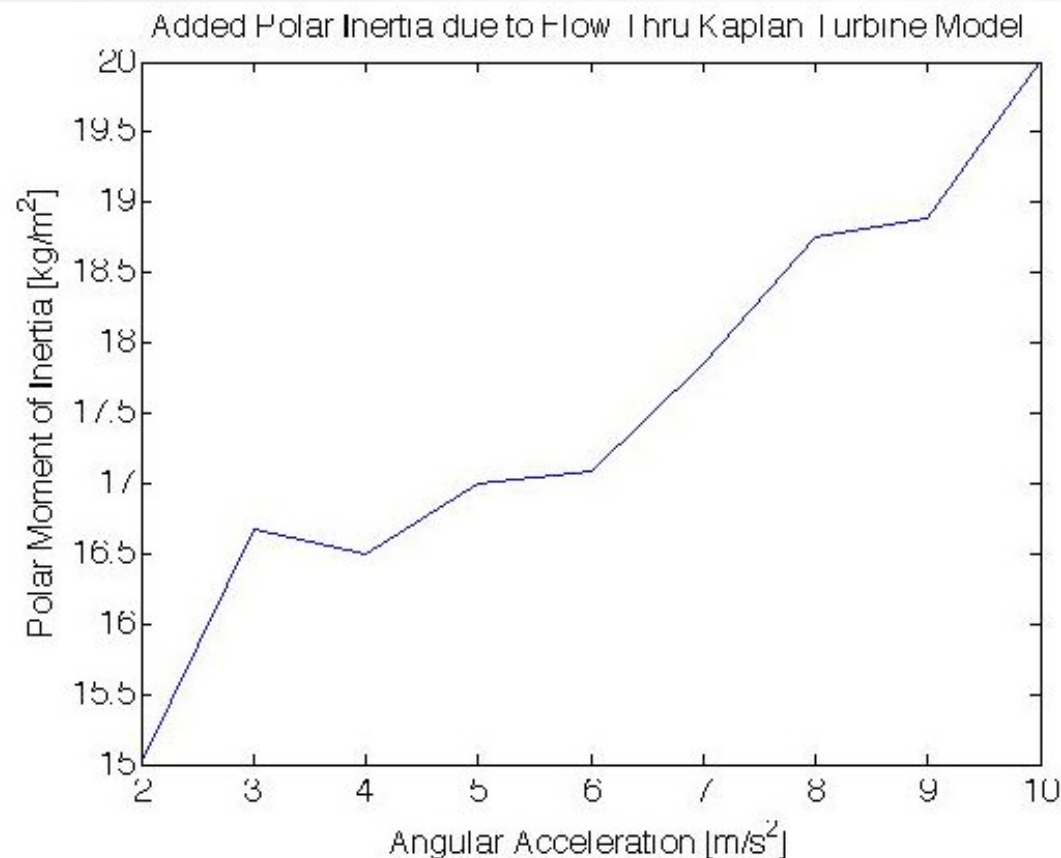


Periodiska krafter





Föreskriven roterande hastighet för att beräkna adderad polär tröghet



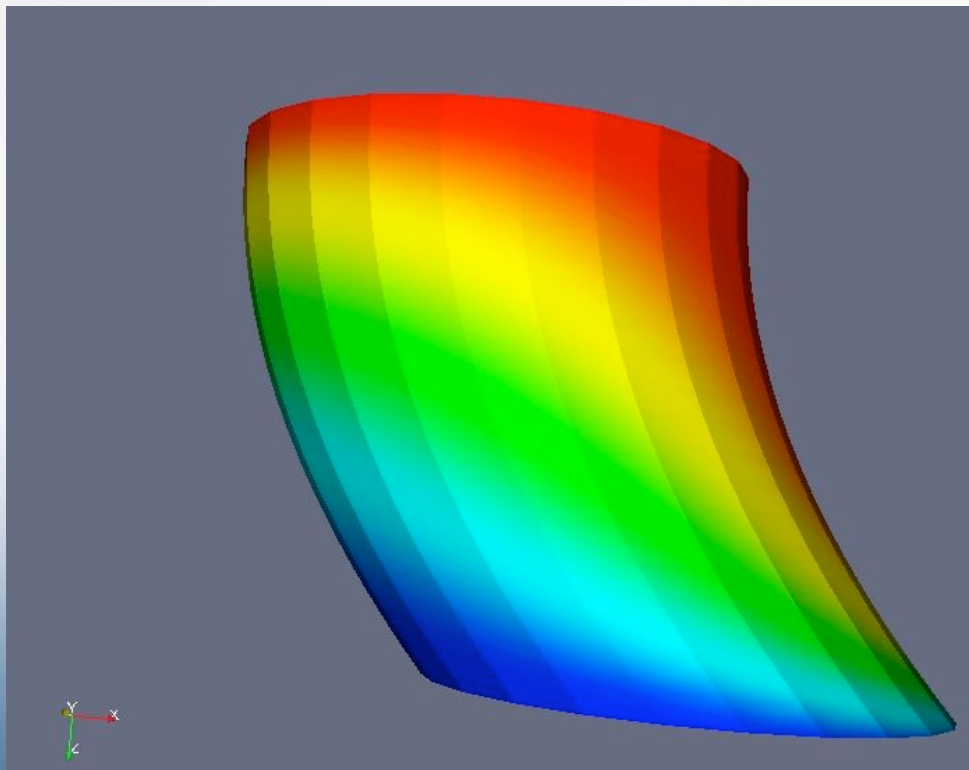


The northernmost University of Technology in Scandinavia
World-class research and education

CHALMERS



Föreskriven orbital rörelse för att beräkna rotordynamiska koefficienter



LULEÅ
UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY



CHALMERS



What can we do together?

Martin Karlsson

Division of Computer Aided Design

Phone: +46 705 641 911

E-mail: karmar@ltu.se

**Great ideas
grow better
below zero!**

LULEÅ
UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY