

Triblade Wind Turbine: En helt ny design av Vindkraftverk

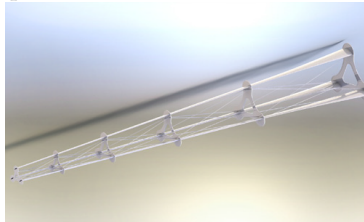
Farah El-Salem

16 juni 2015

Vindkraftverk är en förnybar energikälla som ökar mest i världen. Det har en liten påverkan på miljön och i takt med ökat klimathot är vindkraftverk idag en ofarlig och lovande energikälla. Vindkraftverk blir allt vanligare längs våra kustar, åkrar och berg. Vid början av 2015 fanns i Sverige totalt 3048 vindkraftverk med en installerad effekt på 5425 MW.

Det är många viktiga faktorer som spelar en viktig roll vid tillverkning av rotorblad. Det är både ekonomiska och mekaniska faktorer som man måste ta hänsyn till. Idag har Winfoor AB tagit fram en helt ny modell av rotorblad, Triblade som består av tre parallella blad som är länkade tillsammans med plattor och stagar (Se Figur 1). Designen på rotorbladen har en stor påverkan på hur mycket vind som fångas in, så det gäller att ta fram en optimal design. Ju mer vind som fångas in desto mer energi utvinns. I detta examensarbete gjordes CFD simuleringar (datorbaserade numeriska simuleringar) för att undersöka de aerodynamiska egenskaperna hos Triblade redan i ett tidigt stadium.

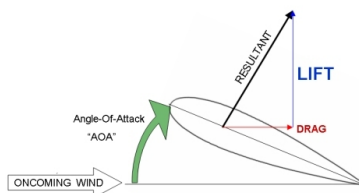
Figur 1: Modell av Triblade rotorblad bestående av tre stora blad länkade tillsammans med stagar och plattor.



Förstår man aerodynamiken hos flygplansvingen så är det inte svårt att förstå hur rotorbladen på ett vindkraftverk fungerar. Precis som på flygplansvingen så är det två viktiga krafter som verkar på rotorbladen, lyft- och dragkraften. För bästa resultat så önskas större lyftkraft och mindre dragkraft, eftersom lyftkraften gör att bladen börjar rotera, se Figur 2. Maximal lyftkraft och minimal motstånd (dragkraft) uppnås vid en viss vinkel som kallas anfallsvinkeln. Då den inkommande hastigheten träffar bladen vid en viss vinkel får man den optimala lyft- och dragkraften. Då man pratar om hastigheten hos vindkraftverk så menar man den relativa vindhastigheten. För att få rätt hastighet så brukar rotorbladen vara tvistade så att hastigheten inkommer med rätt anfallsvinkel.

Vanligtvis så brukar man utföra vindtunnel test på en prototyp av modellen för att förutsäga krafterna innan man tillverkar rotorbladen. Sådana experiment brukar ta sin tid och kosta, ett billigare alternativ är att göra CFD simuleringar som gör det möjligt att förutsäga egenskaper som lyft och dragkoefficienter. I detta examensarbete utfördes både två- och tredimensionella simuleringar som gav oss en klar bild av de aerodynamiska krafterna. Simuleringarna gjordes med OpenFOAM, som är ett gratis program som tillåter fri distribution och modifiering. För att ha något att jämföra med, användes resultat från simulering på ett blad som referens till Triblade. Två turbulens modeller testades, Spalart-Allmaras och kkl-omega. Den första modellen, Spalart-Allmaras är framtagen för

Figur 2: Krafter som verkar på en vinge. Resultanten är uppdelad i en lyft och drag kraft.



flygplansindustrin och den andra modellen (kkl-omega) är en transitions modell. Transitions modellen modellerar ett flöde som övergår från ett laminärt tillstånd till ett turbulent tillstånd. Detta är mer realistiskt än Spalart-Allmaras som antar att det är turbulens överallt i domänen. Både låga och höga hastigheter testas.

Varför 2D och 3D simuleringar? I det tvådimensionella fallet beräknades enbart lyft och dragkoefficienterna, så för att spara på simuleringstiden räckte det med ett tvådimensionellt fall. Men man får också tänka på att strukturen är inte alls 2D och stagarna och plattorna påverkar flödet. Därför gjordes 3D simuleringar för att räkna ut krafterna på varje blad. Som referens görs simuleringar på hela geometrin där blad och stagar var inkluderade. Sedan togs stagarna bort för att se hur de påverkade flödet. Något som också var intressant att undersöka var att variera anfallsvinkeln. Tre olika anfallsvinklar testades. Till slut gjordes simuleringar där endast ett blad roterades.

I detta examensarbete visade det sig att transitions modellen kkl-omega gav bästa resultat i det tvådimensionella fallet, speciellt för dragkoefficienten som var mindre än den i Spalart-Allmaras. Eftersom kkl-omega är en transitions modell så vore det intressant att jämföra den med vind tunnel test data. För under vind tunnel testet så sker en transition från ett laminär till turbulent fall. Tyvärr fanns inget vindtunnel test data tillgänglig för vingprofilen.

Det mest intressanta var den tredimensionella simuleringen där det visade sig att krafterna var olika stora på de tre bladen. Det spännande var att om man tog bort stagarna så fick man större krafter vilket visade sig att man får sämre verkningsgrad med stagarna inkluderade. När det gäller anfallsvinkeln så fick man större krafter med större anfallsvinkel. Den stora tangentiella kraften som verkade på bladet som roterades var större än de andra fallen. Av allt detta kan man dra slutsatsen att geometrin kan optimeras bättre om de tre bladen har olika vinklar än att alla har samma anfallsvinkel.

En sak som man måste ha i åtanke är att resultaten från CFD simuleringar är beroende på vilka turbulens modeller man har och vilket nät man diskretiserar domänen med. Läger man mer tid på att förbättra simuleringen och optimera geometrin så får man bättre resultat. Vem vet, kanske blir Triblade Wind Turbine nästa generations vindkraftverk?

Referenser

<http://people.bu.edu/dew11/liftanddrag.html>

<http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Elproduktion/Vindkraft/>