Performantere windturbinebladen maken gebruik van textiel

11 februari 2022, 01:00

Pieter Jan Jordaens

Windturbines produceren weliswaar hernieuwbare energie, maar de turbines zelf, de bladen in het bijzonder, hebben voorlopig nog met enkele minpunten te kampen. Technologie gebruikt in zeilboten werd toegepast om turbinebladen en hun werking te optimaliseren. Het resultaat zijn lichtere en goedkopere turbinebladen waarin voorgespannen, recycleerbaar textiel een hoofdrol speelt.

De ontwikkeling van haalbare alternatieven voor duurzame energie is belangrijker dan ooit. Windturbines produceren weliswaar hernieuwbare energie, maar de turbines zelf, de bladen in het bijzonder, hebben voorlopig nog met enkele minpunten te kampen, zoals de recyclage en verwerking van ontmantelde wieken die momenteel bestaan uit glasvezelversterkte kunststoffen. Voorts zijn grotere turbines met langere bladen vandaag een populaire manier om de 'levelised cost of electricity' (LCOE, wat neerkomt op de totale levensduurkost') te verlagen, maar grotere turbinebladen uit composietmateriaal hebben te lijden onder het aanzienlijke hogere gewicht en de daaraan verbonden hogere kosten, een hogere vermoeiing van andere turbinecomponenten en hogere installatiekosten. Ook de productiekost en -complexiteit zou lager mogen. Windturbineparken zijn momenteel nog altijd (te) duur. Wil windenergie blijven groeien, dan moet de sector blijven innoveren met als doel de goedkoopste energiebron te zijn.

Ondanks de optimalisaties in materiaal en productieproces van het laatste decennium heeft het huidige ontwerp stilaan zijn grenzen bereikt en komt er een ogenblik dat een fundamentele verandering in het ontwerp aan de orde is. Recent ontwikkelde windturbinebladen breiden de grenzen van de huidige bladtechnologie uit door de kernproblemen van de windindustrie aan te pakken met een nieuw ontwerp en dito productiemethode.

Enel Green Power, een multinational voor hernieuwbare energie, richtte samen met een ontwerper van jachtzeilen de startup ACT Blade op, om in samenwerking met enkele partners een nieuw type windturbinebladen onder dezelfde naam te produceren en testen.



(Bron: ACT Blade)

Voordelen van alternatieve ontwerpen

Voor de ontwikkeling van de nieuwe bladen, werd de huidige generatie en haar productieprocedé onder de loep genomen. De productie van een schaal met een shear web (een interne structuur die van de ene kant van de holle structuur naar de andere loopt en een structurele functie voorziet in de wiek) vraagt om dure specifieke gereedschappen. Om in staat te zijn wieken van verschillende grootte te maken, is telkens een verschillende matrijs nodig. De investeringsuitgave (CAPEX) is hoog, uitbreiding van fabrieken moeilijk, zo ook de mogelijkheid om de productiekost (materiaal en loonkost) laag te houden. Momenteel is er onvoldoende verandering in de sector om de productie van bladen zo flexibel als nodig te maken.

Bovendien is volgens de ontwikkelaars van ACT Blade de energie die door een windturbine wordt gegenereerd afhankelijk van de aerodynamische vorm van de windturbinebladen. De optimale aerodynamische vorm van elk blad is afhankelijk van windcondities en de belasting die tijdens de werking op de bladen wordt uitgeoefend. Het is echter niet eenvoudig klassieke bladen voldoende aan te passen aan windcondities om het maximum aan energie te genereren. De klassieke kleppen aan de achterrand van de bladen (trailing edge flaps) zijn vaak zwaar en reageren traag wanneer geactiveerd. Een defect eraan kan een aanzienlijk negatief effect hebben op de werking van een windturbineblad. Daarom is er nood aan bladen met geavanceerde features die toelaten de aerodynamische vorm en eigenschappen van de bladen actief te besturen als reactie op de veranderende windcondities, om zo de efficiëntie van de windturbine verder te verbeteren.

De belangrijkste factoren en vereisten voor windturbinebladen zijn een lage gewicht-densiteitsverhouding van het materiaal, een hoge sterkte om belasting van wind en zwaartekracht te kunnen weerstaan, een goede vermoeiingsweerstand om cyclische belasting te weerstaan, een goede stijfheid om de vorm van de bladen te behouden, een goede breuktaaiheid en ecologische duurzaamheid in het kader van blikseminslag, botsingen met vogels en erosie door de wind. Aangezien er een trend is naar steeds langere bladen, dringen nieuwe manieren zich op om het materiaalgebruik, gewicht en de kosten te verlagen, en de productie-efficiëntie te verhogen.

Op basis van deze kennis werd een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de uitvoerbaarheid van een nieuw bladontwerp dat aanzienlijk van de huidige norm afwijkt. De nieuwe ontwikkeling - ACT

Blades genaamd - is gebaseerd op de technologie om zeilen van jachtschepen te modelleren en zorgt ervoor dat de turbinebladen 24-32 procent lichter zijn dan klassieke bladen. Dit dankzij een slankere steunstructuur uit composietmateriaal die volledig is bekleed met een technisch weefsel. De nieuw ontwikkelde bladen wegen even veel als hun klassieke volle, glasvezelversterkte evenknieën, maar ze zijn 10 procent langer dan de standaardlengte van 55 m, waardoor ze een ca. 9 procent hogere elektriciteitsproductie kennen. De vorm van de voorgespannen, met textiel beklede bladen kan bovendien aangepast worden om belastingen van het systeem te beheersen.

De kosten van de bladen liggen zo'n 7 procent lager, omdat de structuur in verhouding tot de lengte uit minder materiaal bestaat dan de klassieke volle thermohardende wieken. Bovendien kunnen de meer gestroomlijnde modulaire productieprocessen voor kostenbesparingen tot 17 procent zorgen. Er zou volgens de producent zelfs een bijkomende besparing op productiekosten kunnen worden gerealiseerd, 63 procent lagere tooling-kosten en een 40 procent kleinere voetafdruk van de fabriek. De investeringsuitgaven (CAPEX) zouden 44 procent lager liggen. Anders dan bij de traditionele productietechnologie van wieken kan het nieuwe blad dankzij zijn modulariteit geproduceerd worden met bestaande toeleveringsketens en brengt het een veel eenvoudiger en sneller assemblageprocedé met zich mee, wat de kosten laag houdt. De bladen zouden niet alleen lichter zijn en goedkoper in productie, maar ook makkelijker te transporteren. Bovendien zouden ze langer kunnen meegaan.

Anders dan de klassieke glasvezelbladen zijn de nieuwe bladen ontworpen om deels gerecycleerd te worden en om gerecycleerd materiaal in te zetten, waardoor er minder afval ontstaat. Het weefsel is herbruikbaar en kan eenvoudig worden gerecupereerd wanneer de bladen aan het einde van hun levensduur gekomen zijn.

Het concept sluit zo naadloos aan bij een verantwoorde energieproductie en strategie van circulair beheer van windturbineparken: een maximaal hergebruik en recyclage van materialen en componenten en de toepassing van een circulair perspectief vanaf de ontwerpfase. Algemeen genomen is de recyclage van metaal (wat het grootste deel van de windturbine uitmaakt) heel eenvoudig, terwijl die van de composietmaterialen die gebruikt zijn om de rotorbladen te maken complexer is.

Opbouw en productie

Klassiek vereist het ontwerp van windturbinebladen het plaatsen van droge vezels en balsahout samen met een schuimkern in een open matrijs. De volledige structuur wordt dan doordrenkt met een vloeibaar hars. Het nieuwe ontwerp stapt van deze aanpak af.

De ACT Blade-windturbinebladen zijn opgebouwd uit een interne composietstructuur en hightech textiel. De ontwikkeling van de turbinebladen is geïnspireerd op technologie die al ingezet wordt in zeilen voor yacht-racing, waarbij de lichte en duurzame structuur van jachtzeilen werd aangepast voor offshore windturbinebladen. Het blad bestaat uit een ligger of draagbalk uit epoxy en glasvezel in het voorste gedeelte, die dienst doet als voornaamste structureel element. Daarachter bevindt zich een reeks ribben, eveneens uit glasvezel, en een aantal vormgevende features. Het geheel wordt door het voorgespannen technisch textiel (polyester) - een 'sok' - omhuld, die het aerodynamische oppervlak voorziet dat het blad nodig heeft om wind te vangen. Sinds 2018 wordt het textiel hiervoor ontwikkeld in samenwerking met het Belgische Concordia Customer Specific Solutions.

De sok bestaat uit een reeks films van 1 x 60 m, op maat gesneden en aan elkaar bevestigd. Ze heeft een dikte van 0,58 tot 0,70 mm, afhankelijk van het beschermingsniveau dat vereist is, en hoeft niet geschilderd of gecoat te worden. De sok bestaat uit twee lagen: een structurele laag binnenin en een coating aan de buitenzijde. Deze buitenste laag is aanpasbaar, beschermt tegen uv-licht, hagel, regen en zand.

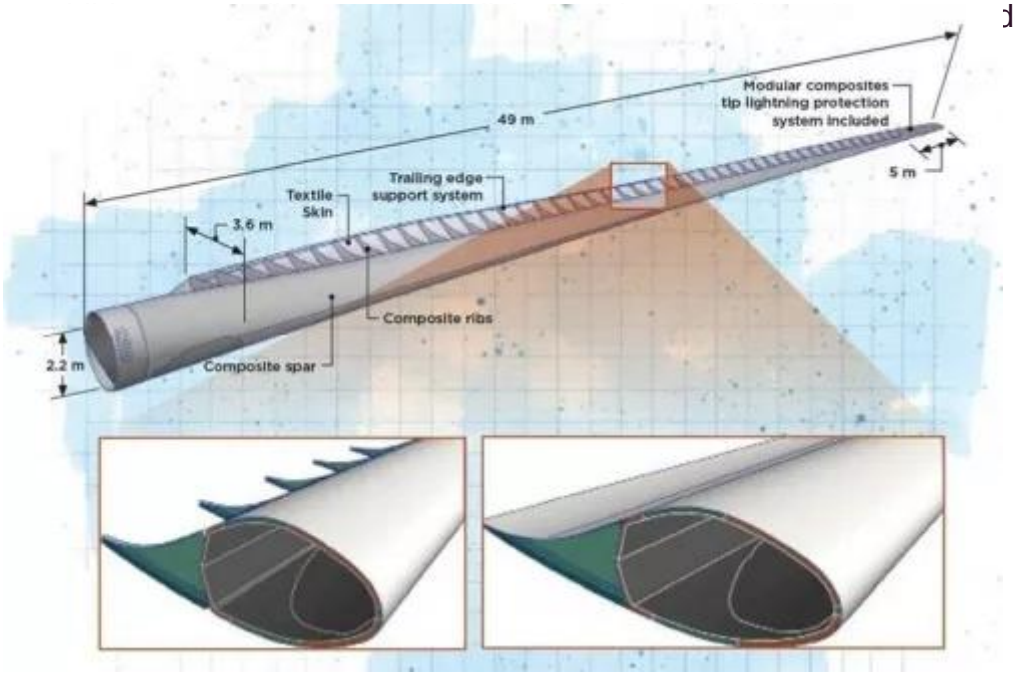
De sok kan letterlijk over de ligger- en ribstructuur worden getrokken en bevestigd. Hierbij is de juiste spanning het meest kritieke element. Onder productie moeten de drie bladen voor een bepaalde turbine onder dezelfde spanning staan op dezelfde plaatsen. Dit om ongelijkheid in krachten te vermijden, wat tot instabiliteit kan leiden.

De achterrand van de bladen is flexibel: hij behoudt zijn vorm, maar kan snel aangepast worden aan veranderende windcondities. De flexibiliteit is mogelijk omdat het textiel, ondanks dat het textiel aan de ligger is bevestigd, beschikt over voldoende vrijheid om over de ligger te bewegen en zo voor een variabel aerodynamisch profiel te zorgen. Het textiel zit bovendien over de ligger zoals een sok, waardoor de productie van het blad parallel kan uitgevoerd worden, en niet in serie zoals vandaag het geval is in de klassieke wiekproductie. Dit draagt bij tot de optimalisatie en versnelling van de productie van bladen.

De bladen worden voorlopig manueel geproduceerd. Koorde en twist van het blad kunnen eenvoudig worden aangepast zonder aankoop van bijkomende gereedschappen, terwijl de lengte kan variëren met behulp van een minimum aan bijkomende tools, wat zorgt voor een aanzienlijk grote flexibiliteit in productie.

Het AMRC (Advanced Manufacturing Research Centre) van de universiteit van Sheffield zette zijn competentie in composietmaterialen in ter ondersteuning van de ontwikkeling van een prototype wiek, die klaar was begin 2020.

Het Lightweight Manufacturing Centre van het National Manufacturing Institute Scotland leverde
derdelen lichter worden



Het ontwerp met een sok over een ligger zou volgens berekening, vergeleken met een 50 meter

lang klassiek blad, tot 32 procent minder wegen en 17 procent minder kosten. Deze cijfers kunnen variëren afhankelijk van de grootte van het klassieke blad gebruikt in de vergelijking.
(Bron: ACT Blade)

Testen en validatie

In 2020 werd het prototype van de nieuwe turbinebladen met succes getest en gevalideerd in het National Renewable Energy Centre van innovatie- en onderzoekscentrum ORE Catapult in Blyth (UK).
Structurele testen (statische en vermoeiingsproeven) werden uitgevoerd op een 13 meter lang prototype gebouwd voor een 225 kW-turbine.

Uit de testen bleek dat de bladen extreme belastingen kunnen weerstaan in elk type van richting en torsie (draai). Inspectie na de testen toonde aan dat de bladen hun vorm behouden hadden en geen schade vertoonden. De testdata, waaronder optisch gemeten resultaten van verplaatsing en doorbuiging binnenin het textiel, werden gemeten om een beter begrip te hebben van het gedrag van de bladen.

Het testen van de sok op belasting van de duurzaamheid was veelbelovend. Het ontwerp zou zelfs beschadigd kunnen verder werken. Reparatiestrategieën en oplossingen voor erosie door regen werden geëvalueerd.

De structurele integriteit en operationele performantie van het ontwerp worden sinds juli 2021 gedemonstreerd en geëvalueerd door drie prototypebladen op een werkende windturbine in de Myres Hill Wind Farm nabij Glasgow te installeren, als een volgende stap naar commercialisatie van het concept. Reële testomgevingen als deze zijn vitaal voor de technologieontwikkelaars en hun innovatieve ontwerpen. Bovendien geven dergelijke realistische tests de sector en zijn investeerders meer vertrouwen.

Verdere testen op een turbine van een klant zijn gepland voor eind 2022. De nieuwe turbinebladen, die naar verwacht tegen 2023 op de markt zouden worden gebracht, bieden heel wat potentieel voor de nieuwe, grotere +10 MW offshore windturbines.



Het doel van de nieuwe bladen is lagere belastingen en meer windkracht capteren zonder aan duurzaamheid in te boeten. Door de langere bladen met lagere massa en zelfde traagheidsmoment aan de bladvoet wordt een hogere productie van energie mogelijk met minimale verandering in turbinebelastingen. Het gebruik van een relatief eenvoudige ligger en commercieel verkrijgbare materialen voor de sok omzeilt het gebruik van gigantische matrijzen en andere CAPEX-intensieve benodigdheden die nodig zijn voor de klassieke productie van wieken.

(Bron: ACT Blade)

Bronnen

- https://www.innoenergy.com
- https://actblade.com
- https://ore.catapult.org.uk
- https://www.enelgreenpower.com
- https://www.theengineer.co.uk
- https://www.compositesworld.com
- https://renews.biz

Auteurs



Pieter Jan Jordaens