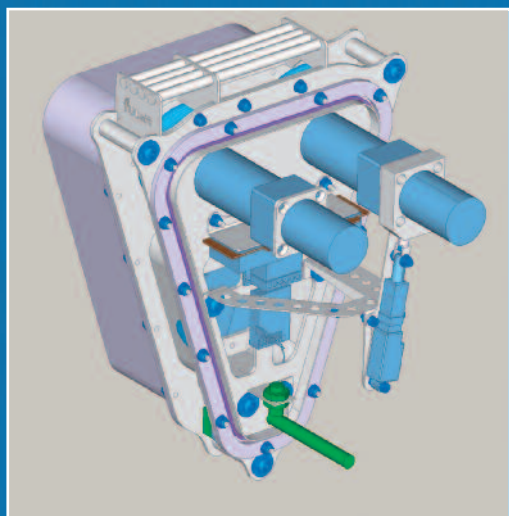


KITE POWER TECHNOLOGIE



Het besturingssysteem hangt ongeveer 10 m onder de vlieger

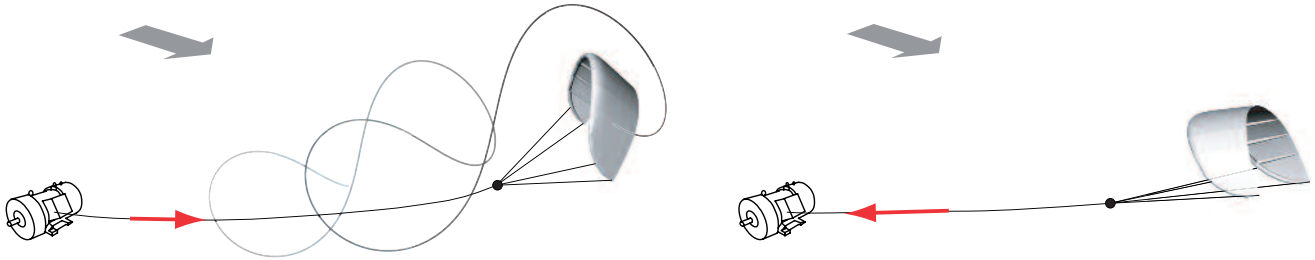


Alle afbeeldingen bij dit artikel:
Asset, TU Delft

Roland Schmehl

Associate Professor, Institute for Applied Sustainable Science, Engineering and Technology (ASSET), TU Delft

De wind hoog boven de grond wordt gezien als een potentieel zeer grote bron van duurzame energie. Conventionele windturbines met hun starre toren zullen nooit in staat zijn deze bron ten volle te benutten. Eén van de mogelijke oplossingen om deze wind op grote hoogte te benutten, is het gebruik van kite power systemen. De kite power onderzoeksgroep van het ASSET instituut aan de TU Delft is bezig met de ontwikkeling van een kite power systeem gebaseerd op pompende cycli. Het 20 kW test systeem maakt gebruik van een enkele kabel die de kite met de grond verbindt. De kite wordt bestuurd door middel van een besturingssysteem onder de kite. Systematische tests in 2010 hebben bevestigd dat het pompende concept geïmplementeerd kan worden met een relatief laag energieverlies veroorzaakt door de pompende beweging. Het concept is een aantrekkelijke optie voor het onttrekken van windenergie van grote hoogte en heeft de potentie om significant goedkoper energie te produceren dan conventionele windturbines.



Figuur 1: Energie producerende fase (kabel uitrollen) en energie consumerende fase (kabel inrollen).

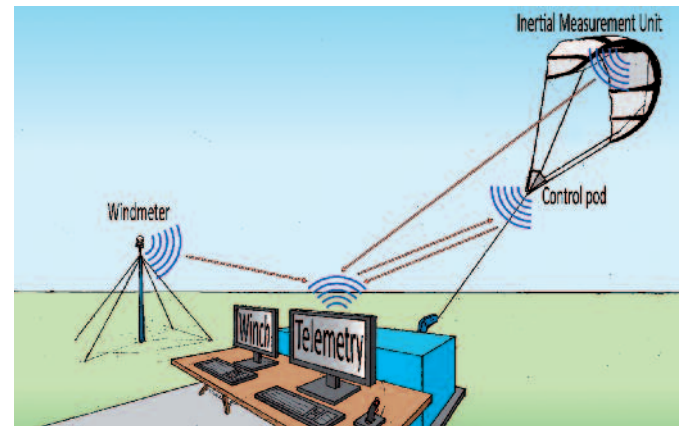
High altitude wind power

Het onttrekken van windenergie van grote hoogte brengt een aantal voordelen met zich mee. Ten eerste het feit dat de wind op hoogte harder en constanter is dan de wind waartoe conventionele windturbines toegang hebben. Hierdoor kunnen vliegende wind energie (Airborne Wind Energy, AWE) systemen, die boven de 150 m ingezet kunnen worden, een substantieel hogere capaciteitsfactor hebben. Dit heeft als gevolg dat ze een aantrekkelijk alternatief vormen voor gebieden waar conventionele windturbines economisch niet rendabel zijn. Daarnaast zijn AWE systemen lichtgewicht, goedkoop, mobiel en flexibel in te zetten doordat er geen zware en materiaalintensieve constructies aan te pas komen. Ze hebben een minimale invloed op de omgeving en vooral de lage visuele en akoestische impact maakt deze systemen erg geschikt voor gebieden met een kwetsbare ecologie (zoals de Waddenzee) of toeristisch gebied.

Kite power systemen

Eén van de mogelijke toepassingen gebruikt de trekkracht van vliegers om windenergie om te zetten. De originele laddermolen, in 2000 gepatenteerd door Wubbo Ockels, is gebaseerd op vliegers die in een verticale lus op gelijke afstand met elkaar verbonden zijn. Door het aanpassen van de aerodynamische eigenschappen van de vliegers in de opgaande (veel lift) en neerwaartse (weinig lift) delen van de lus, wordt een netto trekkracht tot stand gebracht die gebruikt kan worden om een generator op de grond aan te drijven. Een dergelijk systeem is vrij complex, hierdoor zijn de ontwikkelingsactiviteiten tot op heden beperkt tot systemen met een enkele vlieger. Een uitstekend voorbeeld wordt gegeven door het op vliegers gebaseerde aandrijfsysteem voor vrachtschepen van het Duitse bedrijf SkySails. Het commercieel verkrijgbare systeem kan een brandstofbesparing tot 50% opleveren door gebruik te maken van vliegers met een oppervlak tot 320 m².

Een mogelijk systeem om elektriciteit op te wekken werkt met een enkele kite die beweegt in pompende cycli. Elke cyclus bestaat uit een energie opwekkende power fase en een energie consumerende depower fase (figuur 1). Tijdens de power fase trekt de vlieger de kabel van een liertrommel die weer verbonden is met een generator. Voor een maximale trekkracht wordt een achtvormige manoeuvre gevlogen (figuur 3, volgende pagina). Tijdens de depower fase wordt de kracht uit de vlieger geloosd en wordt de vlieger weer naar het grondstation toe getrokken. Hierbij wordt slechts een fractie van de eerder opgewekte energie verbruikt. Na een succesvolle demonstratie van een 3kW pompend systeem in 2007, ontwikkelt de kite power onderzoeksgroep van het ASSET instituut aan de TU Delft sinds januari 2010 een 20 kW systeem.



Figuur 2: Schema van de opstelling

Laddermolen demonstratie systeem

Om de aerodynamische verliezen te minimaliseren, wordt een enkele kabel gebruikt om de kite en het besturingssysteem dat opgehangen is onder de kite, met het grondstation te verbinden. De kabel is gemaakt van sterk en licht Dyneema® vezel, en is 1 km lang met een diameter van 4 mm. Het grondstation bevat een lier-generator met een nominaal vermogen van 20 kW. De vliegers zijn aangepaste en opgeschaalde kitesurf vliegers met een oppervlak van 25 en 50 m². Surf vliegers hebben normaal een oppervlak van rond de 8 tot 16 m².

Het besturingssysteem hangt ongeveer 10 m onder de vlieger. Deze gebruikt twee kleine maar krachtige lieren voor het sturen en regelen van de invalshoek van de vlieger. Momenteel wordt het besturingssysteem nog voornamelijk manueel bestuurd via een draadloze verbinding. Alle componenten die nodig zijn voor automatische besturing zijn echter al geïmplementeerd. Het besturingssysteem zendt constant haar stuurpositie en status naar de grond. Deze data worden gepresenteerd op een telemetrie computer samen met de data van de bewegingssensor in de vlieger (Inertial Measurement Unit, IMU). De IMU meet de GPS positie, snelheid, versnellingen, houding en rotatiesnelheden van de vlieger. Het grondstation wordt bestuurd via een aparte computer. Data van krachtopnemers en encoders wordt gebruikt om de kabelspanning en kabelsnelheid te meten. Een PID (Proportional-Integral-Derivative) controller controleert de snelheid van de lier en zorgt dat de krachten binnen de systeemgrenzen blijven. Een windmeter op de grond meet de windsnelheid en richting op een hoogte van 6 m en een windmeter in de vlieger meet de windsnelheid langs de vlieger. De data van alle subsystemen worden, samen met data van camera's op het grondstation en op de kite, verzameld en



Figuur 3: Cyclus van de de kyte

gebruikt om het dynamisch gedrag en prestaties van het systeem te analyseren.

Eerste tests met een autopiloot voor het behouden van een stabiele positie zijn al succesvol gebleken. Een methode voor het automatisch vliegen van acht-vormige figuren tijdens de power fase is ontwikkeld en succesvol getest op basis van een computer model. Deze autopiloot wordt momenteel in het huidige systeem geïmplementeerd en getest. De ontwikkeling van het 20 kW demonstratie systeem is mede gefinancierd door het 'Rotterdam Climate Initiative' (Laddermolen op een schip met een bedrag van € 1 miljoen) en door de provincie Friesland (besturingssysteem met een bedrag van € 136.000).

Tests en Resultaten

Meer dan 100 pompende cycli zijn opgenomen en geanalyseerd sinds het testen van het hele systeem is gestart in januari 2010. De maximale operationele hoogte waarop getest en gevlogen wordt, hangt voornamelijk af van de luchtvaart reglementen.

Voor de testlocatie op het voormalige vliegveld Valkenburg (gelegen in een aanlegroute van luchthaven Schiphol), ligt de operationele hoogte tussen de 150 en 300 m met een kabel lengte variërend tussen 180 en 400 m. Voor de tests bij Jirnsrum, Friesland, wordt een maximale operationele hoogte van 500 m en een kabellengte van 700 m gekozen. Om de netto geproduceerde energie per cyclus te maximaliseren, is het belangrijk de depower fase van de cyclus zo kort mogelijk te maken terwijl kracht op de kabel in deze fase zo klein mogelijk is.

Om de kracht in de kabel af te laten nemen kan, met het huidige kite ontwerp, de opblaasbare structuur in de wind gedraaid worden waardoor de aerodynamische lift component wordt weggenomen. De stuuereigenschappen van de kite echter worden door deze 'flagging' manoeuvre op zo'n manier negatief beïnvloed, dat in de praktijk een compromis tussen het niveau van depower en controle van de kite wordt gekozen. De kabel kracht op de huidige 25 m² kite, met een windsnelheid van 7 m/s, neemt effectief af van 320 kgf tijdens de uitrol fase, tot 60 kgf tijdens de inrol fase met een inrol snelheid van 5 m/s.

Het pompende vlieger systeem wekt energie op in de power fase en verbruikt een kleiner deel van de energie weer in de depower fase. Windvlagen vormen een uitdaging en leiden tot variaties in kabelspanning en vermogen. Het gemiddeld mechanisch vermogen in deze test is 4 kW. De testen hebben aangetoond dat, al is er nauwelijks wind op grond niveau, het hele kite systeem toch functioneert. In dit geval wordt de kite gelanceerd

met behulp van de lier, vergelijkbaar met een zweefvliegtuig, totdat de kite zelf door de wind op grotere hoogte gedragen wordt.

Toekomst en Ontwikkelingen

Verscheidene onderzoeksvragen die gerelateerd zijn aan deze innovatieve duurzame energie technologie staan nog steeds open en hebben tot dusver een commerciële implementatie voorkomen. Een robuuste, automatisch gecontroleerde vlucht die nodig is om langdurig energie op te kunnen wekken, de automatisering van het lanceren en inhalen van een kite, alsmede sterkere, UV-beschermende materialen om de levensduur en de kwaliteit van de kabel en de kite te verhogen (en dus de operationele kosten te verlagen) zijn essentiële nog te onderzoeken uitdagingen.

Een technische uitdaging ligt in de ontwikkeling van een efficiënt grondstation, dat snel kan reageren op plotselinge veranderingen in de krachten. Als pionier op het gebied van de High Altitude Wind Power (HAWP), is de onderzoeksgroep aan de TU Delft met zijn partners bezig om deze technologie te vercommercialiseren. Volgens het huidige ontwikkelingsplan wordt tegen het einde van 2011 een volledig geautomatiseerd systeem met een verbeterd 40 kW grondstation verwacht.

Hoewel de interesse voor HAWP relatief recent is -ter vergelijking: het aantal actieve onderzoeksgroepen is gegroeid van 3 in het jaar 2000 naar meer dan 40 in 2010 - zijn er de laatste 5 jaar al grote investeringen gedaan. Sinds 2006 heeft Google \$ 15 miljoen geïnvesteerd in een Californië gestationeerd starters bedrijf genaamd Makani. In 2010 heeft Makani bovendien een ARPA-E subsidie van de Amerikaanse overheid ontvangen van \$ 3 miljoen. Het bedrijf Jobi Energy, dat net als Makani in Californië zit, heeft 50 werknemers en ontwikkelt een AWE systeem. De Katholieke Universiteit Leuven heeft voor haar onderzoek op dit gebied onlangs een ERC start subsidie ontvangen ter waarde van € 1 miljoen.

Het jaarlijkse evenement om onderzoeks- en ontwikkelingsprestaties te presenteren, om ideeën uit te wisselen en nieuwe visies met elkaar te delen is de Airborne Wind Energy Conference (AWEC). Na een succesvolle start op de Stanford University, in Californië, in 2010, zal dit jaar het evenement plaatsvinden van 24-25 mei in Leuven, België.

Referenties

<http://www.kitepower.eu>

<http://asset.lr.tudelft.nl>

<http://www.youtube.com/laddermill>

<http://www.awec2011.com>