

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Förstudie till demonstrationsprojekt – HiWave Fas 3	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Feasibility and design study – HiWave scale 1:2 ocean testing	
Ev. Energimyndighetens program Enskilt projekt	Tidplan 2014-04-08 till 2015-03-10
Total projektkostnad 7 805 000 kr	Energimyndighetens andel av kostnaden i %/kr 39,2%, 3 063 000 kr
Ev. rapporttitel hos stödmottagaren Feasibility and design study – HiWave scale 1:2 ocean testing	Ev. rapportnr hos stödmottagaren Projekt report 38550-1
Universitet/högskola/företag CorPower Ocean AB	Avdelning/institution
Adress Vallhallavägen 79, 5tr, 114 28 Stockholm	Organisationsnummer 556584-9824
Namn och e-post – projektledare Patrik Möller, patrik@corpowersocean.com	
Namn och e-post – Huvudförfattare/ medförfattare/projektdeltagare/doktorander Gunnar Steinn Ásgeirsson, gunnar@corpowersocean.com , Henrik Sjöström, henrik@corpowersocean.com , Jörgen Hals Todalshaug, jorgen@corpowersocean.com , Jeromine Maillet, jeromine@corpowersocean.com , Oscar Hellaeus, oscar@corpowersocean.com , Petter Wiström, petter@corpowersocean.com Stefan Svensson, stefan@corpowersocean.com , Michael Liljeberg, michael@corpowersocean.com	
Nyckelord: 5-7 st Vågkraft, energitäthet, resonans, WaveSpring, HiWave	

Sammanfattning

En förstudie för havstester med en ny generation fasstyrda vågkraftsomvandlare har utförts av CorPower Ocean, Iberdrola Engineering, WavEC Offshore Renewables och NTNU inom ramen för HiWave-projektet. Studien innefattar teknisk specifikation och val av testsite, specifikation och design av vågkraftverk samt test av skalmodeller i vågtanksanläggning vid Ecole Centrale Nantes. Projektet adresserar grundläggande utmaningar inom vågkraft, däribland låga hastigheter och oregelbundna rörelser. En ny teknik för fasstyrning kallad 'WaveSpring' har testats och jämförts mot konventionell resistiv kontroll samt den latchteknik som tidigare använts. Testresultaten är övertygande. WaveSpring-tekniken medger ett enklare verk med avsevärt förbättrad strukturell integritet som dessutom förbättrar energiabsorptionen något jämfört med latchning. Resultaten visar att den kan leverera mer än tre gånger så mycket energi på årsbasis jämfört med en konventionell 'point absorber' utan faskontroll. En avgörande skillnad att belastningen på drivlinan reduceras till mindre än hälften samtidigt som behovet av att mäta inkommande vågor försvinner. Detta ger en mindre drivlina med lägre kostnad och ett förenklat styrsystem. WaveSpring är en negativ fjäderkonstruktion som med enkla pneumatiska komponenter gör bojen naturligt resonant över ett brett spektrum av vågperioder, utan behov av aktiv styrning. Tekniken bygger på

forskning från NTNU i Trondheim. Ett exklusivt licensavtal har skrivits mellan NTNU Technology Transfer Office och CorPower Ocean. En WaveSpring-modul har tagits fram för integration och test på den drivlina som körs i en torr testrigg i skala 1:3.2 på KTH. Det vågkraftverk som under förstudien har konstruerats innehåller en modul för fasstyrning med WaveSpring, en bojstruktur i kompositmaterial och en förspänd förankringslösning med automatisk reglering för tidvatten. Specifikation och val av testsite har resulterat i två kvarvarande siter som uppfyller kravspecifikation, EMEC (Orkney) och Bimep (Bilbao), där förhandlingar pågår med båda. En solid grund har lagts för den fortsatta utvecklingen mot ett tekniskt och kommersiellt fungerande vågkraftverk.

Summary

The feasibility and design study for scale 1:2 ocean testing of a new generation resonant Wave Energy Converters has been performed in a consortium consisting of CorPower Ocean, Iberdrola Engineering, WavEC Offshore Renewables, NTNU and KTH. The study shows a strong case for pursuing the planned ocean deployment, with competitive performance and cost indicators. The results from tank testing of scale models using the new WaveSpring control technology exceed the project targets. The high level goal of demonstrating a technology capable of delivering annual energy density $> 8\text{MWh/ton}$ in full scale in sites with an average wave climate of $25\text{-}30\text{kW/m}$ has been met. Two European test sites meeting the test requirements have been identified.

Inledning

Vågkraft är ett område med stor potential. En betydande förnyelsebar energiresurs finns tillgänglig om en robust och ekonomiskt effektiv lösning kan tas fram. Energitätheten är betydligt högre än för vind och sol, vilket ger förutsättningar att absorbera relativt stora mängder energi med små enheter. Tillförlitlighetsproblem och höga kostnader har hittills hindrat vågkraft från att bli en storskalig kraftkälla. Haven utgör en aggressiv miljö, med höga energinivåer under stormar vilket ställer stora krav på utrustningen. Det vågkraftverk som utvecklas inom projektet har ett lätt mekaniskt system med hög egenfrekvens. Detta kombineras med kontrollteknik som får en boj att svänga i resonans med inkommande vågor, oavsett våghöjd och frekvens. Tekniken med aktiv faskontroll har visats ge 3 gånger högre energiabsorption jämfört med ett konventionellt verk med passiv linjär kontroll. Eftersom ökningen är störst vid låga vågor och successivt avtar med högre vågor kan verket leverera en mer konstant effektkurva över varierande vågtillstånd. Tekniken har sin grund i MD Stig Lundbäcks forskning kring hjärtats pump- och styrfunktioner från 1980-talet, samt Jörgen Hals Todalshaugs forskning kring faskontroll vid NTNU. Den enkelriktade pumprörelsen i hjärtat, med hydraulisk lagrad returrörelse har inspirerat vågkraftverkets konstruktion. Två funktionsmodeller togs fram och testades under 2010-2011. Tekniken har under 2012-2014 verifierats genom IEA-OES Fas 1-2, med vågtankstester i Portugal och Frankrike samt bänktestning av drivlinan med simulerade våglaster på KTH.

Huvudresultat

Projektet har resulterat i specifikation och val av testsite, en ny teknik för fasstyrning samt konstruktion av ett verk för nästa fas med havstester i skala 1:2. De numeriska modeller som används för att studera och optimera verket har kalibrerats med mätdata från tank- och bänktester av skalmodeller. Testdata bekräftar uppsatta mål för verkens funktion och prestanda. Förstudien visar att planerad tillverkning och tester av prototypverk kan utföras inom planerad budget och tidsram.

Måluppfyllelse

Projektets övergripande mål har varit att ta fram tillförlitliga konstruktionslösningar och övertygande mätdata som möjliggör finansiering och partnerskap för nästa fas med havstester i skala 1:2. Detta mål har uppnåtts. Mätdata bekräftar en förväntad energitäthet på över 9 MWh/ton och 6 MWh/kN dämpkraft kan uppnås för verken i fullskala, och att en energikostnad på under 150 EUR/MWh förväntas kunna nås efter 50MW installerad kapacitet. Ett beslut om att genomföra nästa planerade fas av pilotprojektet har gemensamt tagits av Iberdrola Engineering och CorPower Ocean.

Effekter i samhället

Projektet har positiv inverkan på möjligheterna att göra vågkraft till en storskalig energikälla. Detta kan förbättra energiläget för Europa, och bidra till utvecklingen av en ny svensk exportindustri med kvalificerade arbetstillfällen.

Genomförande

En förstudie för havstester med en ny generation fasstyrda vågkraftsomvandlare har utförts i fyra faser:

1. Kravspecifikation för testsite, prototypverk och förankring. L1
2. Numerisk modellering och test av skalmodell i vågtank och testrigg. L2
3. Konstruktion, dimensionering och kostnadsanalys av prototypverk. L3
4. Analys av nyckeltal inklusive energitäthet och energikostnad. L4

Två testsites som uppfyller kravspecifikationen har identifierats, och förhandlingar med dessa har inletts. En ny teknik för faskontroll har verifierats, vilket förväntas bidra till högre energiuttag, förenklad drift och förbättrad tillförlitlighet jämfört med tidigare känd teknik. Kalibrerade simuleringsmodeller har möjliggjort förbättrad förståelse för verkens funktion och dimensionering. Under konstruktionsfasen har ett antal förbättringar av verkets drivlina gjorts, och nya moduler för tidvattenreglering och faskontroll har utvecklats. En material- och tillverkningsstudie för bojen har resulterat i en ny typ av kompositboj där tillverkningspartners har identifierats. Ett förankringskoncept med mekanisk och elektrisk snabbkoppling mot bojen har tagits fram. Analys av test- och simuleringsdata har resulterat i nyckeltal som uppfyller uppsatta projektmål.