

PROJEKT INOM VINDFORSK 2015

RAPPORT 2016:311



Förord

I den här rapporten presenteras pågående och avslutade projekt inom Vindforsk IV. Just nu har programmet 18 forskningsprojekt som handlar om allt ifrån avisning av vindkraftverk och underhåll av växellådor till frekvensreglering och syntetisk tröghet. Några projekt är en fortsättning på projekt från en tidigare programperiod, medan andra är helt nya. Programmet, som drivs i samverkan med Energimyndigheten, startade i januari 2001 och är nu i sin fjärde programperiod som pågår mellan 2013 och 2017. Energimyndigheten finansierar programmet med 50 procent och branschen med övriga femtio procent.

Rapporter från alla avslutade projekt kan laddas ned från www.energiforsk.se/vindforsk.

Verksamhet under 2015

Vindforsks mål och resultat presenteras samt den verksamhet som har pågått under 2015 i programrådet. Kommunikationsinsatser som websida, konferenser och seminarier beskrivs också.



Finansiärer:



Innehåll

1. Verksamhetens mål och resultat	4
2. Presentation av projekt	5
Lägesrapportering från de pågående projekten	6
Doktors- och licentiatavhandlingar från projekten	6
Avslutade projekt under 2015	7
3. Periodens verksamheter	8
4. Beskrivning av projekt inom Vindforsk IV	10
Verksamhetsområde 1:	11
Vindresursen, projektering och etablering	
Verksamhetsområde 2:	14
Drift och underhåll	
Verksamhetsområde 3:	20
Vindkraft i elsystemet	

ISBN 978-91-7673-311-0
Rapport 2016:311

1. Verksamhetens mål och resultat

Mål

Vindforsk är ett forskningsprogram som syftar till att ta fram ny kunskap om vindkraft och vindkraftsteknik. Denna kunskap ska gynna den svenska vindkraftindustrin och stärka dess roll på den internationella marknaden. Programmet har genomförts i tre etapper och 2014 var uppstarten för de forskningsprojekt som kommer att bedrivas under etappen Vindforsk IV. De övergripande målen för Vindforsk IV är att:

- ta fram kompetens som underlättar projektering, byggnad och drift av vindkraftsanläggningar
- ta fram kunskap som möjliggör en anpassning av elsystemet för en större del vindkraft
- stärka rekryteringsbasen till svensk vindkraftsindustri
- den forskning som sker inom programmet ska bidra till att sänka kapital- och driftskostnaden för vindkraft
- identifiera nya teknikfrågor som kan leda till vidare utveckling av tekniken.

Resultat i relation till målen

Under hösten 2014 pågick utlysning 2 inom Vindforsk IV. Utlysningen stängde den 15 december, och arbetet med bedömningar skedde under våren 2015. 19 ansökningar skickades in till Vindforsk under den andra utlysningen. Vindforsks expertgrupper, tillsammans med programrådet, granskade samt skickade in rekommendationer om anslag för projekten till Energimyndigheten. 7 av de 19 ansökningarna fick anslag, och dessa presenteras i korthet nedan. En utförligare beskrivning av projekten ges i bilaga 1. En lista över de projekt från andra utlysningen som inte fått anslag finns i bilaga 2.

Vindforsk arbetade under utlysning 2 med att öka andelen projekt inom verksamhetsområdet Drift och Underhåll, dels genom att särskilt efterfråga detta i utlysningstexter, och dels genom en workshop vars syfte var att stimulera till sådana forskningsprojekt. Detta avspeglas i att 5 av de 7 projekt som fått anslag faller inom detta verksamhetsområde. produktion.



2. Presentation av projekt

Verksamhetsområde 2: Drift och underhåll

Avisningssystem för vindkraftverk – Kontinuerligt autonomt system för avisning av blad på vindkraftverk

Projektledare, utförare:

Sven-Erik Thor, Lindskog Innovation AB

Projektslut: 2017

Projektet ska utveckla och testa en ny metod för detektion av is och avisning. Målet är att ta fram en driftsäker och effektiv produkt som ska minska så väl underhållskostnader som risken för produktionsuppehåll på grund av nedisning. Prototypen kommer att testas på ett befintligt vindkraftverk i samarbete med Skellefteå Kraft.

Bayesianska metoder för förebyggande underhåll

Projektledare, utförare:

Bahri Uzunoglu, Uppsala Universitet

Projektslut: 2017

Projektet ska ta fram en metod baserad på Bayesiansk statistik och Monte Carlo tillämpningar för att kunna kostnadsoptimera underhåll av vindkraftverk. Resultaten från projektet ska leda till att beställare av utrustning ska få ökad kunskap om olika komponenters tillförlitlighet och underhållsbehov. Detta gör att livscykelkostnaden kan beräknas med större säkerhet.

Effekt av underhåll på dagens och framtida växellådor

Projektledare, utförare:

Jan Ukonsaari, Vattenfall R&D AB

Projektslut: 2016

Projektet ska tydliggöra växellådors teoretiska livslängd. Underhållsåtgärders inverkan ska undersökas för att identifiera vilka faktorer som har betydelse för livslängden. Såväl dagens som framtidens växellådor kommer att analyseras utifrån:

- Underhållets betydelse i form av oljeval och –renhet.
- Konstruktionens inverkan på tillförlitligheten relaterat till antalet kritiska komponenter.
- Komplexitetens inverkan på förutsättningen att lyckas med en viss design.

LoadMonitor - Mätning och modellering av vibrationer och laster på vindkraftverk

Projektledare, utförare:

Johan Hansson, Kjeller Vindteknikk AB

Projektslut: 2016

Projektet ska kombinera ett mät- och analyssystem som mäter högupplösta vibrationer för att undersöka turbinprestanda och identifiera olika vindförhållanden och defekter på komponenter. Detta ska bidra till ett bättre underlag vid ekonomiska kalkyler och för framtida val av turbiner.

Minskar produktionen hos vindkraftverk över tid?

Projektledare, utförare:

Mikael Bergkvist, Uppsala Universitet

och Olle Viotti, Sweco

Projektslut: 2016

Projektet ska undersöka om produktionen hos svenska vindkraftverk minskar över tid. Data från produktionsdatabaserna Cesar, Vindstat och SCADA kommer att analyseras. Det övergripande syftet är att identifiera en eventuell trend och att undersöka vilka orsaker som i så fall kan ligga bakom produktionsminskningen.

Verksamhetsområde 3: Vindkraft i elsystemet

Dynamic rating för effektiv anslutning av vindkraft

Projektledare, utförare:

Patrik Hilber, KTH

Projektslut: 2017

Projektet ska utveckla tillämpbara metoder för så kallad dynamic rating för beräkning av tillgänglig kapacitet i kraftnätet. Bland annat tas hänsyn till temperatur och vindstyrka vid dessa beräkningar. Detta ska leda till att elnätets resurser kan utnyttjas mer effektivt, och mer vindkraft kan etableras utan att kraftnätet behöver byggas ut eller förstärkas.

Analys av genomslag i vindkraftparker med 36 kV kabelnät och vakuumbrytare

Projektledare, utförare:

Tarik Abdulahovic, Chalmers

Projektslut: 2017

Projektet ska undersöka hur högfrekventa transienter i ett kabelnät påverkar anslutna komponenter. Resultaten ska vara ett steg mot att hitta orsakerna till problemen med genomslag, kortslutning, i vindkraftparker med 36 kV kabelnät och vakuumbrytare. En lösning på det problemet skulle minska risken för produktionsbortfall och öka lönsamheten för sådana vindkraftparker.



Lägesrapportering

från de pågående projekten

Lägesrapporter från projekten från utlysning i inkom under våren 2015, medan både de gamla och nya projekten skickade in rapporter under hösten 2015. Vid båda tillfällen gjordes en sammanställning av lägesrapporterna, i denna rapport bilaga 3 (vår), bilaga 4 (höst), samt en översikt med utgång från rapporterna som inkom under hösten (bilaga 5). Med undantag för ett antal försenade delmoment rapporterades projekten följa projektplanerna, och de mål som angivits i ansökan förväntas kunna uppnås.

Doktors- och licentiatavhandlingar från projekten

Följande avhandlingar har publicerats inom Vindforskprojekten under 2015:

Projekt: Forestwind

Mean Wind and Turbulence Conditions in the Boundary Layer above Forests

Johan Arnqvist, Doktorsavhandling

Disputation 6 februari 2015, Uppsala Universitet

Projekt: Inertia-support

Frequency Response by Wind Farms in Islanded Power Systems with High Wind Power Penetration

Mattias Persson, Licentiatavhandling

Presentation 23 mars 2015, Chalmers

Projekt: Windharmonics

On Harmonic Emission, Propagation and Aggregation in Wind Power Plants

Kai Yang, Doktorsavhandling

Disputation 17 april 2015, Luleå tekniska universitet

Projekt: Freq-control

Probabilistic Security Management for Power System Operations with Large Amounts of Wind Power

Camille Hamon, Doktorsavhandling

Disputation 29 maj 2015, KTH

Projekt: NCWake
Numerical Computations
of Wind Turbine Wakes and Wake Interaction
Karl Nilsson, Doktorsavhandling
Disputation 4 juni 2015, KTH

Projekt: NCWake
Numerical Computations
of Wakes Behind Wind Farms
Ola Eriksson, Licentiatavhandling
Presentation 16 september 2015, Uppsala Universitet
(Campus Gotland)

Projekt: Brushless
Modelling, Analysis, and Control Aspects of a
Rotating Power Electronic Brushless Doubly-Fed
Induction Generator
Naveed ur Rehman Malik, Doktorsavhandling
Disputation 19 oktober 2015, KTH

Avslutade projekt under 2015

4 av Vindforsks projekt avslutades under 2015:

- P38515-1 Highres-prodseries (projektslut 2015-04-15)
- P38519-1 Syn-inertia (projektslut 2015-06-15)
- P38464-1 Freqcontrol (projektslut 2015-12-15)
- P38828-1 ProdOptimize (projektslut 2015-12-31)

Slutrapporten från Highres-prodseries publicerades under sommaren (Energiforsk rapport 2015:141) och finns att ladda ner från projektets sida på www.energiforsk.se/program/vindforsk. Slutrapportering från Syn-inertia skickades in under sommaren och har bearbetats under hösten, i och med att projektet fick en ny vinkel har detta tagit längre tid än normalt. Även Freqcontrol och Prodoptimize har vid tiden för denna rapportering skickat in slutrapport för godkännande till programrådet. Rapporterna läggs upp på ovan nämnd webbsida så snart de är klara för publicering.



3. Periodens verksamheter

Programrådet

Programrådsmöten har under 2015 hållits fyra gånger, 28-29 januari, 17 februari, 19 maj och 8 september. Under de två första mötena gick rådet igenom ansökningarna från utlysning 2 och förberedde för att lämna förslag till Energimyndigheten i april. Under mötet i maj diskuterades bland annat lägesrapporterna som inkommit från projekten under våren, samt uppstart för de nya projekten. Septembermötet stämde av läget för referensgrupper till de nya projekten, den kommande konferensen Vindkraftforskning i fokus samt diverse kommunikationsinsatser. Klimatnytta, genom ett lägre koldioxidavtryck än konkurrerande industri och driver på så sätt på utvecklingen av minskade utsläpp även hos globala konkurrenter.

Kommunikationsinsatser

Slutrapporten från Highres-prodseries har marknadsförts under hösten. En sammanfattning av projektets resultat fanns med i höstens nyhetsbrev och publicerades på Vindforsks hemsida. Svensk Vindenergi rapporterade i sitt nyhetsbrev för juli-augusti såväl om resultaten från Highres-prodseries som om de sju nya Vindforskprojekt som startade under 2015. Highres-prodseries marknadsfördes även i sociala media samt på konferensen Vindkraft i fokus.

Nyhetsbrev

Två nyhetsbrev skickades ut under 2015. Nr 1 skickades ut under våren och rapporterade från seminariet om syntetisk tröghet som anordnades av Energiforsk den 13 april 2015. Även de avhandlingar som då skrivits inom Vindforsk lyftes upp. Nyhetsbrev nr 2, i augusti 2015, presenterade de 7 nya projekten, resultaten från Highres-prodseries samt information om läget i de övriga projekten.

Informationsfilm

Inför konferensen Vindkraftforskning i fokus tog Vindforsk fram en informationsfilm som berättar kort om vad Vindforsk är, och om de pågående projekten, på ett lättillgängligt sätt. Filmen premiärvisades på konferensen och lades upp på Vindforsks tidigare webbsida. Nu finns filmen på Energiforsks Youtube-kanal (<https://www.youtube.com/watch?v=naiEKVe-YOI>) samt på Vindforsks nya webbsida (www.energiforsk.se/program/vindforsk).

Roll-Up

Till samma konferens togs också en roll-up fram, som kan användas för att visa upp Vindforsk i flera liknande

OM ENERGIFORSK FÖR FÖRSKARE NYHETER KONTAKT SÖK

Energiforsk Forskning Rapportsök Konferenser Utlysningar

Försörjningstrygghet

I vårt samhälle litar vi på att energisystemet ska fungera. Ett elavbrott får större konsekvenser idag än för 50 år sedan. Det ställer krav på en fungerande energiförsörjning. Men hur garanterar vi försörjningstrygghet när kraften är väderberoende kraft och småskaliga system spelar en allt viktigare roll? Vår forskning söker svar!

PÅGÅENDE FORSKNINGSPROJEKT

Energiforsk gör energivärlden smartare! Genom samarbete och dialog bedriver vi energiforskning så att ny kunskap skapar värde för näringsliv, kunder och samhället i stort.

I december 2015 fick Energiforsk, och därmed också Vindforsk, en helt ny webbsida: www.energiforsk.se. Samtliga Energiforsks program finns nu samlade på en webbplats, därmed ska det bli lättare att hitta information och söka efter forskningsrapporter. Projektsidorna som fanns på gamla vindforsk.se, med beskrivningar av projekten samt lägesrapporter och avhandlingar, har flyttats över till den nya webbsidan.

sammanhang. En pdf-version av denna roll-up bifogas som bilaga 6. Den powerpointpresentation som tidigare använts för att informera om Vindforsk under olika konferenser har uppdaterats för att inkludera även de nya projekten för 2015 (bilaga 7).

Ny webbsida

Den 16 december fick Energiforsk, och därmed också Vindforsk, en helt ny webbsida: www.energiforsk.se. Samtliga Energiforsks program finns nu samlade på en webbplats, därmed ska det bli lättare att hitta information och söka efter forskningsrapporter. Projektsidorna som fanns på gamla vindforsk.se, med beskrivningar av projekten samt lägesrapporter och avhandlingar, har flyttats över till den nya webbsidan. Även nyhetsbrevet, rapporter från nuvarande etappen samt information om programmet och till projektutförare, finns även på den nya sidan. Den gamla sidan kommer att släckas ned under 2016.

Nyheter

Nyheter om disputationer, konferenser och andra viktiga händelser inom Vindforsk har publicerats löpande i Vindforsks nyhetsflöde på webbsidan, på Twitter och på Facebook.

Konferenser och seminarier

Den 13 april anordnade Vindforsk ett seminarium om syntetisk tröghet och syntetisk svängmassa. 40 deltagare från flera länder var med och diskuterade hur ofta man kan tänkas behöva använda sig av syntetisk tröghet i kraftsystem med olika stor andel vindkraft, samt tekniska lösningar på hur vindkraftverk kan bidra till syntetisk tröghet. Vindforskprojekten Highres-prodseries, Syninertia och Inertia-support presenterade alla sina bidrag till forskningen på detta område.

Vindkraftforskning i fokus

6-7 oktober hölls konferensen Vindkraftforskning i fokus, anordnad av Vindforsk tillsammans med Vindval, STandUP for Wind, SWPTC och Energimyndighetens Vindkraft i kallt klimat. Forskare inom Vindforskprojekten

Highres-prodseries, Windharmonics, NCWake, Forestwind, Brushless och ProdOptimize höll föreläsningar baserade på projekten under dagarna. Dessutom fanns flera av Vindforskprojekten presenterade i posterutställningen (Bayesianska metoder för underhåll, Subsyn, LoadMonitor, ProdOptimize, NCWake, Forestwind och Heli-deice). Programmet från konferensen bifogas som bilaga 8.

Hållbart byggande för vindkraftindustrin i Sverige

Den 24 november anordnade Vindforsk tillsammans med Sveriges Bygguniversitet en workshop: Hållbart byggande för vindkraftindustrin i Sverige. Under denna dag diskuterades möjligheterna kring att starta ett forskningsprogram om vindkraft och byggnation. Vid tiden för denna rapport har inga initiativ tagits för att arbeta vidare med frågan.

Winterwind 2015

Vindforsk deltog i programkommittén för Winterwind 2015, samt i paneldiskussionen på scen i slutet av konferensen. Projektet Heli-deice presenterade sina resultat på Winterwind 2015. Vindforsk fanns också representerat i Energiforsks monter på VIND 2015. Programmet presenterades även Nätverket för vindbruks årliga träff Balingsholm 29-30 september.

Samarbeten

Vindforsk fanns under 2015 representerat i flera forskningssammanhang. Vindforsk deltar i programrådet för Vindkraft i kallt klimat samt i styrgruppen för Vindkraftcentrum.

4. Beskrivning av projekt inom Vindforsk IV

I det här kapitlet ges en övergripande beskrivning av de projekt som fått stöd inom Vindforsk IV.

Projekten redovisas uppdelade på programmets verksamhetsområden:

1. Vindresursen, projektering och etablering
2. Drift och underhåll
3. Vindkraft i elsystemet

Just nu har programmet 18 forskningsprojekt som handlar om allt ifrån avisning av vindkraftverk och underhåll av växellådor till frekvensreglering och syntetisk tröghet. Några projekt är en fortsättning på projekt från en tidigare programperiod, medan andra är helt nya. Programmet, som drivs i samverkan med Energimyndigheten, startade i januari 2001 och är nu i sin fjärde programperiod som pågår mellan 2013 och 2017. Energimyndigheten finansierar programmet med 50 procent och branschen med övriga femtio procent.



Verksamhetsområde 1: Vindresursen, projektering och etablering

NC Wake

Titel: Nordiskt Konsortium; Optimering av stora vindkraftsparker

Verksamhetsområde: Vindresursen, projektering och etablering

Projektleddare: Stefan Ivanell

Utförare: Uppsala Universitet

Projektslut: 2017

Projektet ska utveckla metoder för att öka kunskapen om hur vindvakar påverkar omgivande vindkraftverk, såväl inom en park som mellan parker. Genom att ta fram denna kunskap avser projektet att minska kostnaden per kWh för svensk industri. Detta sker bland annat genom att utveckla metoder för att öka parkeffektiviteten och minska lasterna för att därigenom minska underhållskostnaderna, att utveckla säkrare simuleringsmodeller för prediktering av parkvakar, och att minska osäkerheten i kommersiella vakmodeller.

Projektet avser en fortsättning på två doktorandprojekt från Vindforsk III och är uppdelat i två arbetspaket. Det första arbetspaketet syftar till att möjliggöra optimering och styrning av turbiner i vindkraftsparker med avseende på prestanda och laster. Det andra arbetspaketet syftar till att utveckla möjligheten att studera hur stora parker påverkar vindfältet och därmed även närliggande parker, så kallad park-park interaktion. Projektet bedrivs av en grupp som verkar i ett väl etablerat samarbete med andra nordiska aktörer såväl som i internationella grupper inom IEA. Ett övergripande effektmål av detta projekt är att förse svensk industri med kunskap som resulterar i minskad kostnad per producerad kWh i svenska förhållanden.

Projektets mål är att ha:

- Tagit fram metoder för att öka parkeffektiviteten och minska laster så att underhållskostnader minskar med 10 % jämfört med idag. Detta genom att laster på turbiner nedströms beräknas med större tillförlitlighet med mer detaljerade strömningsmekaniska beräkningsmodeller.
- Tagit fram metoder för optimering av layout som möjliggör en ökad produktion med 5 % jämfört med en icke optimerad lösning.



Projektet utvecklar metoder för mätning av hur vindvakar påverkar omgivande vindkraftverk.
Projektleddare: Stefan Ivanell.



- Möjliggjort simuleringar som kopplar mikro- och mesoskalemodeller. Detta kommer att öka tillförlitligheten för modellering av havs- och landbaserade parker i större skala. Det kommer innebära bättre prediktering av parkvakar samtidigt som det ökar tillförlitligheten av modellering av komplex terräng inklusive skog.
- Minskat osäkerheten för användning av kommersiella vakmodeller genom att identifiera brister och begränsningar i dessa.
- Examination av två stycken disputerade forskare.

Forestwind

Titel: Vindkraft i skog II

Verksamhetsområde: Vindresursen, projektering och etablering

Projektledare: Matthias Mohr

Utförare: Uppsala Universitet

Projektslut: 2017

Projektet syftar till att öka kunskapen om vindförhållanden över skogsmark, genom vindmätningar och modellsimuleringar av vindens egenskaper, och att ta fram metoder för beräkningar av hur vinden påverkar och belastar vindkraftverk i denna typ av miljö. Detta ska leda till mer pålitliga beräkningar av energiutbytet över skog, vilket underlättar för projektering och lokalisering av vindkraftverk i skogsmiljö.

Projektets huvudsyfte är att utveckla kunskap och beräkningsmetoder för att utvärdera lokalisering av vindkraftverk och vindkraftparker i skogsmiljö. Ett annat syfte är att estimeras och försöka minimera lasterna på vindkraftverk i skogsterräng. Ett tredje syfte är att estimeras skogens effekt på elproduktionen och föreslå metoder för att öka energiutbytet över skog. Ett övergripande mål med modellverktygen är att försöka koppla det "riktiga vädret" på en viss plats till den momentana upplevda lasten på en vindturbin.

Projektets mål är att ha:

- Ha fått ökad kunskap om vind- och turbulensförhållanden upp till ca 200 m höjd över typiska svenska skogar genom mätningar och modellsimuleringar.
- Ha genomfört virvelberäkningar med metoden Large-Eddy-simuleringar (LES) för att öka förståelsen av turbulens över skog.
- Fått en ökad förståelse av turbulens- och vindförhållanden över homogen och icke-homogen skog genom modellsimuleringar.
- Kvantifiera effekten av vind och turbulens över skog på vindturbinernas energiproduktion och laster.
- Ha uppfört en mätmast på minst 150 meter (Planen 180 meter).

Några användbara mål för vindenergiindustrin är att ha utvecklat:

- Metoder för att bättre beräkna energiutbytet över skog.
- Metodik för att ta fram skrovlighetslängd, nollplansförskjutning och lövareal från laserscanningar.



Genom mätningar och modellsimuleringar av vind- och turbulensförhållanden ska projektet ge ökad kunskap om vindkraftparker i skogsmiljö. Projektledare är Matthias Mohr.



- Metodik för att koppla en LES-modell till en mesoskala-modell (WRF) som kan överföras till en öppen källkodsmodell (t.ex. OpenFoam).
- Bättre beskrivning av turbulens för lastberäkningar (t.ex. genom syntetisk turbulens).
- Erfarenheter av turbulensmätningar i mycket höga master och fått för vindkraftindustrin viktig kunskap om vind- och turbulensförhållanden upp till ca 200 m.

LoadMonitor

Titel: LoadMonitor – Mätning och modellering av vibrationer och laster på vindkraftverk

Verksamhetsområde: Vindresursen, projektering och etablering samt Drift och underhåll

Projektledare: Johan Hansson

Utförare: Kjeller Vindteknikk AB

Projektslut: 2016

Projektet ska kombinera ett mät- och analyssystem som mäter högupplösta vibrationer för att undersöka turbinprestanda och identifiera olika vindförhållanden och defekter på komponenter. Detta ska bidra till ett bättre underlag vid ekonomiska kalkyler och för framtida val av turbiner.

Uppströmsvindens egenskaper, till exempel vindgradient, inflödesvinkel och turbulensintensitet, påverkar nacellens rörelser och därmed lasterna i tornsystemet, drivlina och blad. I detta projekt utförs 3D-mätningar av uppströmsvinden och mätningar av nacellens rörelser. Det ska ge en ökad förståelse för kopplingen mellan dessa laster och vindkraftverkets prestanda och livslängd.

Några av målen är att:

- Beskriva hur vindgradient, inflödesvinkel och turbulens påverkar turbinunderprestanda.
- Presentera en metodik för identifiering av underprestanda genom att analysera rörelsesignaler.
- Verifiera dagens beräkningar av laster och vakförluster, baserat på de insamlade mätningarna.

Projektet bedrivs i tre steg:

- Mätning av uppströmsvinden och av nacellens vibrationer med hög upplösning, med hjälp av ett lidarsystem.
- Analys av kopplingen mellan uppströmsvindförhållanden, nacellens vibrationer och vindkraftverkets prestanda.
- Validering av befintliga beräkningar av laster och vakförluster.



I det här projektet utförs 3D-mätningar av uppströmsvinden och mätningar av nacellens rörelser. Det ska ge en ökad förståelse för kopplingen mellan laster och vindkraftverkets prestanda och livslängd.

Johan Hansson är projektledare.



Verksamhetsområde 2: Drift och underhåll

Avisning av vindkraftverk

Titel: Avisningssystem för vindkraftverk

– Kontinuerligt autonomt system för avisning av blad på vindkraftverk

Verksamhetsområde: Vindresursen, projektering och etablering samt Drift och underhåll

Projektledare: Sven-Erik Thor

Utförare: Lindskog Innovation AB

Projektslut: 2017

Projektet ska utveckla och testa en ny metod för detektion av is och avisning. Målet är att ta fram en driftsäker och effektiv produkt som ska minska så väl underhållskostnader som risken för produktionsuppehåll på grund av nedisning. Prototypen kommer att testas på ett befintligt vindkraftverk i samarbete med Skellefteå Kraft.

Vindkraft i kallt klimat innebär flera utmaningar. Nedisning av vindkraftverken är ett av de problem som måste hanteras i sådana miljöer. Ansamling av is på rotorbladen påverkar aerodynamiken hos bladen och minskar effektiviteten hos verket. Detta leder till produktionsförluster och kan också innebära en säkerhetsrisk för personal och besökare vid vindkraftverken, då bitar av isen ibland lossnar och slungas iväg.



Projektledare:
Sven-Erik Thor.



Kjell Lindskog förevisar en av sina uppfinningar.

Detta projekt syftar till att ta fram en metod som både upptäcker och avlägsnar is från vindkraftverket. Befintlig teknik från andra branscher ska appliceras i vindkraftsammanhang och kombineras med expertis från vindkraftbranschen. Målet är att utveckla ett system för kontinuerlig, autonom drift av avisning av rotorblad, där både detektering av is och styrning av uppvärmning ingår. Driftsäkerheten ska vara stor och behovet av underhåll ska minimeras.

I projektet ska:

- En ny metod för detektering och uppvärmning tas fram.
- En prototyp av systemet tillverkas och testas i en miljö där många kombinationer av temperatur, luftfuktighet och avisningsstrategi kan prövas.
- Systemet testas på befintligt vindkraftverk, i samarbete med Skellefteå Kraft.
- Resultaten analyseras och utvärderas.

Heli-deice

Titel: Avisning av turbinblad med helikopter

Verksamhetsområde: Drift och underhåll

Projektledare: Hans Gedda

Utförare: Alpine Helicopter Sweden AB

Projektslut: 2016

Projektet syftar till att utveckla säkra och kostnadseffektiva metoder för avisning av rotorblad med hjälp av varmt vatten och helikopter. Metoden ska fungera som en garanti för att nedisningsproblem ska kunna avhjälpas, även där andra metoder inte räcker till. Detta ökar säkerheten för elbolagen som annars måste räkna med stillastående verk. Målet är att kostnaden för avisning med denna metod ska tjäna in på 48 timmar med normal vindtillgång.

De senaste åren har intresset för etablering av vindkraft i kallt klimat ökat. Samtidigt medför en etablering av vindkraft i kallt klimat investeringsrisker i form av stillestånd på grund av isbildning på blad med reducerad produktion som resultat. Risken för iskast är även överhängande vid etablering i kallt klimat. En del turbinleverantörer har utvecklat teknik för avisning av turbinblad. Tyvärr har det visat sig att den teknik som turbinleverantörerna erbjuder inte alltid fungerar tillfredställande, med stillestånd som följd.

Nu finns det alternativ för att undvika den här typen av stillestånd. Försök genomförda i Kanada där man med hjälp av helikopter har avisat turbinblad med varmvatten har gett bra resultat. Försök har även genomförts i Sverige med lovande resultat. Avisningen genomförs på samma sätt som när man avisar ett trafikflygplan, men med den skillnaden att man gör det i luften, med varmt vatten utan inblandning av kemikalier.

Projektet avser att vidareutveckla teknik för att med varmt vatten avisa turbinblad till vindkraftverk med helikopter. Projektet kommer att medföra att nya alternativa metoder för avisning tas fram vilket medför att den osäkerhet som finns hos elkraftbolagen kommer att minska då det finns en "sista utväg" att ta till när inget annat återstår.



Projektet syftar till att utveckla säkra och kostnadseffektiva metoder för avisning.

Projektledare:
Hans Gedda.



Vid projektavslut ska metod och utrustning för avisning med varmt vatten vara utvecklad och testad under fältmässiga förhållanden i kallt klimat. Projektmålet är att visa att metoden är tillämpbar och att det går att genomföra på ett både säkert kostnadseffektivt sätt. Kostnaden för att avisa en turbin med denna metod ska vara intjänad inom 48 timmar med normal vindtillgång. Metoden och avisningsstrategi kan prövas.

ProdOptimize

Titel: Produktionsanalys och optimering av operationella vindkraftparker

Verksamhetsområde: Drift och underhåll

Projektledare: Johan Hansson

Utförare: Kjeller Vindteknikk

Projektslut: 2015

Projektet består av tre delar; utveckling av metodiker för postbyggnation produktionsanalys, användning av nacellemonterade lidarmätningar för prestandaoptimering av operationella vindkraftparker, samt kvantifiering av isförluster utifrån operationell och modellerad data. Genom dessa delprojekt ska kunskap tas fram som syftar till att förbättra uppskattningar av energiproduktionen i en vindkraftpark, samt ge metoder för bättre uppföljning och optimering av vindkraftparker i drift.

Det faktum att det idag finns ett stort antal operationella vindkraftparker i Sverige skapar ett växande behov för analysmetoder för produktionsuppföljning och för identifiering av optimeringsbehov. Hur stämmer parkens produktion med de produktionsberäkningar som gjordes före byggnation? Vad förklarar eventuella skillnader? Presterar parken optimalt? Forskning inom dessa frågor är viktig för att kunna modellera och mäta vindresursen, samt estimerar energiproduktionen för parker i projekteringsfasen på ett bra sätt. Analysen av operationell data syftar också till att identifiera eventuella optimeringsbehov i parkernas prestanda. En aktiv uppföljning av hur parkerna producerar krävs för att förstå om parkerna producerar optimalt och hur vindkraftverken belastas. En optimal prestanda maximerar energiproduktionen och parkens livslängd, och bidrar därmed till ökad avkastning.

Det övergripande målet med detta projekt är att utveckla kunskapen inom produktionsanalys och optimering av operationella vindkraftparker. Projektet består av följande tre delar:

Del 1 – Utveckling av metodiker för postbyggnation produktionsanalys;

Del 2 – Användning av nacellemonterade lidarmätning för prestandaoptimering av operationella vindkraftparker;

Del 3 – Kvantifiering av isförluster utifrån operationell och modellerad data.



Det finns ett växande behov av analysmetoder för att få insikt i hur vindkraftsparkerna kan producera optimalt och hur de belastas. En optimal prestanda maximerar energiproduktionen och parkens livslängd, och bidrar därmed till ökad avkastning.

Projektledare:
Johan Hansson

Del 1 syftar på att vidareutveckla metodiker för postbyggnation produktionsanalys och undersöka osäkerheten i resultaten.

Mätningar med ett nacellemonterat lidarsystem ska utföras i Del 2 och ska användas för produktionsanalys, för identifiering av optimeringsbehov och för utförandet av optimeringsåtgärder.

Del 3 har som huvudmål att utveckla metodiker för att kvantifiera produktionsförluster orsakade av isbildning på turbinerna utifrån operationell data, och jämföra dessa med modellerade isförluster. En ökad förståelse av kopplingen mellan verkliga och modellerade isförluster är viktig för att bättre kunna prediktera nedisningspåverkan i vindkraftverkens produktion. Detta projekt bidrar i sin helhet till ökad förståelse i hur man estimerar energiproduktionen av vindkraftparker och i hur man följer upp och optimerar operationella vindkraftparker.

Effekt av underhåll på växellådor

Titel: Effekt av underhåll

på dagens och framtida växellådor

Verksamhetsområde: Drift och underhåll

Projektledare: Jan Ukonsaari

Utförare: Vattenfall R&D AB

Projektslut: 2016

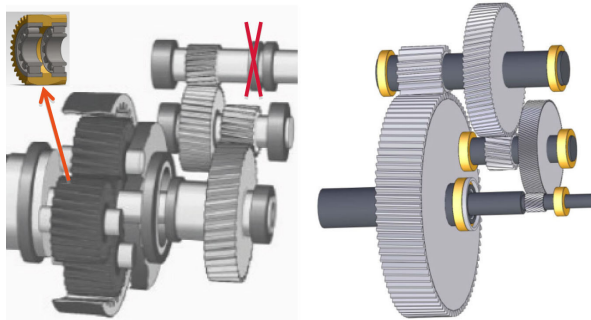
Projektet ska tydliggöra växellådors teoretiska livslängd. Underhållsåtgärders inverkan ska undersökas för att identifiera vilka faktorer som har betydelse för livslängden. Såväl dagens som framtidens växellådor kommer att analyseras.

Växellådan är en av de komponenter i ett vindkraftverk som oftast orsakar problem och stillestånd. Detta innebär såväl underhållskostnader som produktionsbortfall. En ökad förståelse för vad som påverkar växellådors pålitlighet och livslängd är därför av stort intresse för vindkraftsbranschen.

Tre typer av växellådor ska undersökas i detta projekt utifrån givna driftsförhållanden;

- Underhållets betydelse i form av oljeval och renhet.
- Konstruktionens inverkan på tillförlitligheten relaterat till antalet kritiska komponenter
- Komplexitetens inverkan på förutsättningen att lyckas med en viss design.

Projektet bygger vidare på tidigare studier av bland annat oljerenhetens betydelse för växellådors driftsäkerhet (Vindforsk V-367). Målet är att ge en objektiv bedömning av utvecklingen av växellådor och att kunna påverka utvecklingen för att stärka vindenergiens konkurrenskraft.



En ökad förståelse för vad som påverkar växellådors pålitlighet och livslängd är av stort intresse för vindkraftsbranschen. Till höger framtidens utvecklade växellåda.

Bayesianska metoder för underhåll

Titel: Bayesianska metoder för förebyggande underhåll

Verksamhetsområde: Drift och underhåll

Projektledare: Bahri Uzunoglu

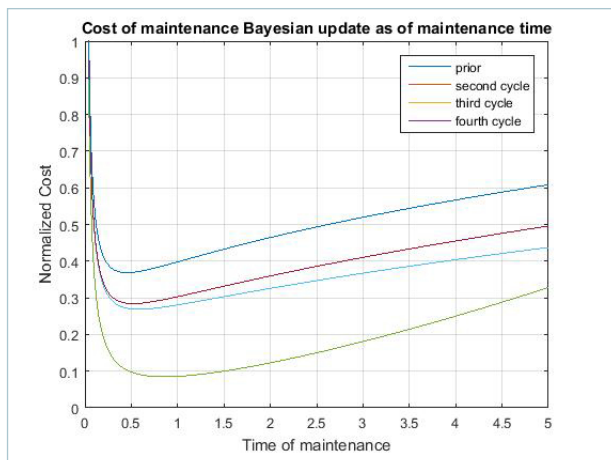
Utförare: Uppsala Universitet

Projektslut: 2017

Projektet ska ta fram en metod baserad på Bayesiansk statistik och Monte Carlo tillämpningar för att kunna kostnadsoptimera underhåll av vindkraftverk. Resultaten från projektet ska leda till att beställare av utrustning ska få ökad kunskap om olika komponenters tillförlitlighet och underhållsbehov. Detta gör att livscykelkostnaden kan beräknas med större säkerhet.

Underhåll av vindkraftverk kan delas in i förebyggande, korrigerande och villkorsbaserat underhåll. Korrigerande underhåll innebär de största kostnaderna eftersom sådana fel ofta leder till oplanerade stillestånd. Hindertiden, det vill säga tiden mellan att felet uppkommer och att det avhjälpas, medför produktionsförluster utöver kostnaden för själva underhållet.

Genom att utveckla statistiska metoder, en Monte Carlo-baserad Bayesiansk metod tillsammans med riskanalysverktyg, ska en optimal metod för utbyte av olika komponenter tas fram. Detta ska leda till att metoderna för att förutspå korrigerande underhåll förbättras och därigenom att underhållskostnaderna minskar.



Tabell 1

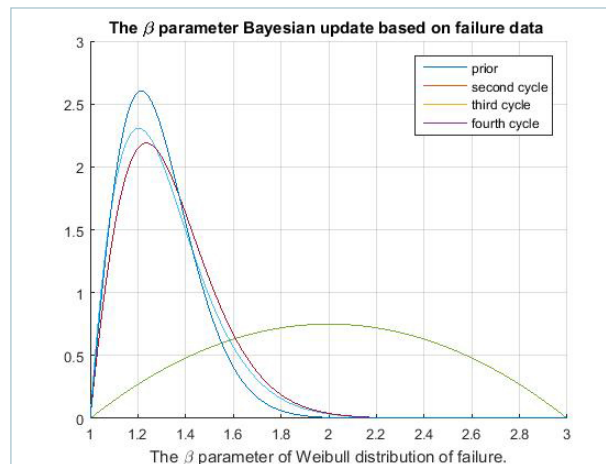


Projektledare: Bahri Uzunoglu.

Projektet utförs under två år och ska innefatta:

- Identifiering av felfall via SCADA.
- Separering av hindertid i logistisk hindertid och servicehindertid.
- En uppdelning av felfallen kommer att ske enligt kategorierna manuella omstarter, mindre reparationer och större reparationer.
- Modellering av större reparationer med hjälp av Weibull feldistribution.
- Implementering av Bayesianska system med Monte Carlo-tillämpningar med stationär och icke-stationär statistik.

Tabell 1 och 2 baseras på Bayesiansk statistik. Målet är att få fram en metod för att kostnadsoptimera underhåll av vindkraftverk.



Tabell 2

Minskar produktionen över tid?

Titel: Minskar produktionen hos vindkraftverk över tid?

Verksamhetsområde: Drift och underhåll

Projektledare: Per Edström, Sweco

Utförare: Uppsala Universitet

Projektslut: 2016

Projektet ska undersöka om produktionen hos svenska vindkraftverk minskar över tid. Data från produktionsdatabaserna Cesar, Vindstat och SCADA kommer att analyseras. Det övergripande syftet är att identifiera en eventuell trend och att undersöka vilka orsaker som i så fall kan ligga bakom produktionsminskningen.

Studier från Storbritannien har visat på en produktionsminskning hos vindkraftverk som är större än den minskning som enligt branschens praxis beräknas ske under 20 år. Om en sådan trend existerar även hos svenska verk är detta av avgörande betydelse för ekonomiska kalkyler och beräkning av livscykelproduktion för vindkraftverk. Så väl investerare som förvaltare av vindkraftverk har stor nytta av denna kunskap.

I projektet ska:

- Eventuell negativ trend identifieras utifrån vinddata från databaserna Cesar, Vindstat, och för ett mindre antal vindkraftparker, SCADA. Då dessa databaser samkörs kommer även pålitlighet och eventuella brister i dessa system att kunna identifieras.

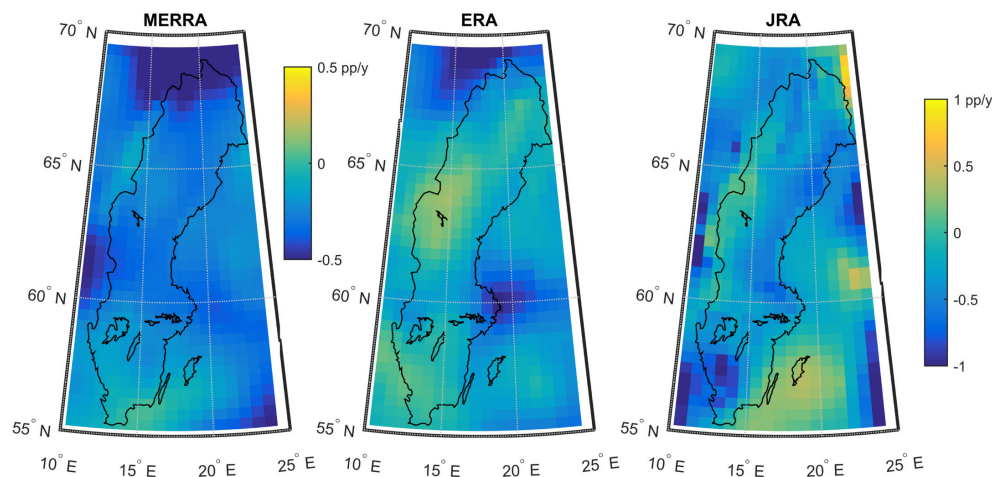


Fig 2 visar linjära trender i vindklimatet 1990-2015 enligt tre olika s.k. återanalyser. Trenderna gäller i månadsvis vindindex beräknade för en viss vindkraftstyp. Medelvärde av vindindex för hela perioden är per definition 100%.

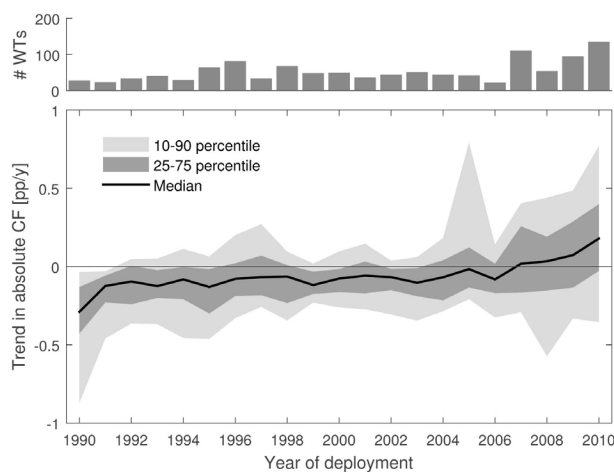


Fig 1 visar linjära trender i långtidskorrigerade kapacitetsfaktor (CF) för verk med olika drifttagningsår samt, i övre panelen, antalet verk i varje årskull. Som exempel finns det 63 verk från år 1995 i databasen. Medianen av linjära trender i CF för dessa är -0.13 procentenheter per år (pp/y), dvs efter 20 år produceras ca 2.6% mindre än i början.

- Orsaker till eventuell trend undersöks, hur stor del som beror på förändring i tillgänglighet och hur stor del som har andra förklaringar.
- Variation i trenden studeras utifrån faktorer som verkets ålder, fabrikat, underhåll utifrån ägartyp och geografisk placering.
- Några av metoderna från brittiska studier kommer att användas för att möjliggöra jämförelser med dessa studier. Detta projekt är också ett första steg till att kunna identifiera orsaker till produktionsnedgång hos vindkraftverk och därigenom kunna förbättra så väl konstruktion som drift och underhåll av vindkraftverk så att livstidsproduktionen maximeras.

Verksamhetsområde 3: Vindkraft i elsystemet

Brushless

Titel: Borstlös vindkraftsgenerator för begränsat varvtalsområde

Verksamhetsområde: Vindkraft i elsystemet

Projektledare: Chandur Sadarangani

Utförare: KTH

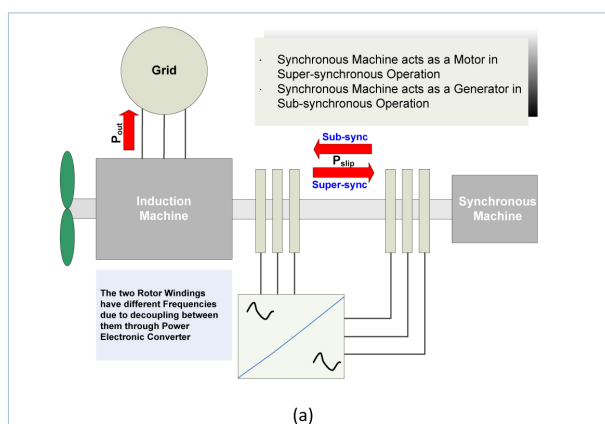
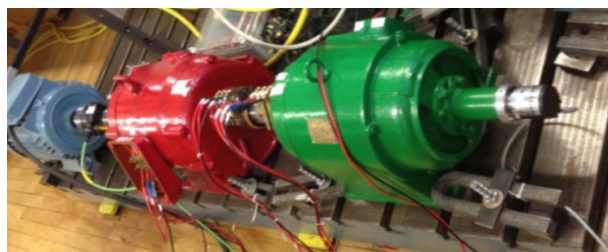
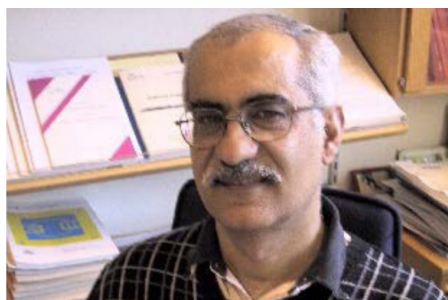
Projektslut: 2016

Projektet ska praktiskt testa och verifiera det borstlösa system för varvtalsreglering i vindkraftverk som utvecklades teoretiskt i tidigare Vindforsksprojekt (V308). Då de borstar och släpningar som konventionellt används i varvtalsregleringssystem är underhållskrävande, kan detta projekt leda till minskade underhållskostnader för vindturbiner med det nya borstlösa systemet.

Den övervägande delen av stora varvtalsreglerade konventionella vindkraftssystem bygger på en släpningad asynkrongenerator där varvtalsregleringen sker genom överföring av den elektriska effekten från/till rotorkretsen via släpningar och borstar till nätet. Borstar och släpningar är känsliga för bl. a. drifttemperatur, strömtäthet, periferihastighet och omgivande luftfuktighet. Detta kräver kostnadskrävande kontroll och underhåll.

Projektet utgör en fortsättning av Vindforsks projekt V308 som teoretiskt har utvecklat och analyserat ett innovativt vindkraftsgeneratorsystem som är sammanställt i en licentiatavhandling. Det nya systemet har samma fördelar som det konventionella systemet men utan att använda släpningar och borstar. Systemet bygger på integrering av en hjälp- eller reglermaskin och en roterande strömriktare till huvudmaskinen. Signalöverföringen till den roterande strömriktaren sker trådlöst.

Projektledare:
Chandur Sadarangani.



Vindturbiner med det nya framforskte borstlösa systemet kan leda till minskade underhållskostnader. De konventionella borstar och släpningar som används är känsliga för bland annat drifttemperatur samt luftfuktighet och kräver därför mer underhåll.

De ansökta medlen ska användas för att praktiskt visa och verifiera att systemet fungerar tillfredsställande i en laboratoriemiljö genom att:

- Bygga upp en laboratorieuppställning med "turbin"-huvudgenerator och hjälpgenerator och tillhörande kontrollutrustning.
- Designa, konstruera och tillverka den roterande omriktare som ska monteras mellan huvud- och hjälpmaskiner dvs. bygga ett komplett RPE-BDIM system. Vidare ska ett lämpligt signalöverföringssystem utvecklas och byggas för att styra den roterande omriktaren.
- Demonstrera ett komplett RPE-BDFIM system i labbmiljö, utvärdera prestandan.
- Designa samt både tekniskt och ekonomiskt utvärdera ett fullskalligt RPE-BDIM system för effektområdet 2-10 MW. Denna del kommer att genomföras på ABB som examensarbete med handledning och stöd från personal på ABB.
- Resultatet från projektet kommer att sammanställas i en doktorsavhandling för doktoranden Naveed-ur-Rehman Malik.

Freq-control

Titel: Frekvensreglering i kraftsystem med stor andel vindkraft

Verksamhetsområde: Vindkraft i elsystemet

Projektledare: Lennart Söder

Utförare: KTH

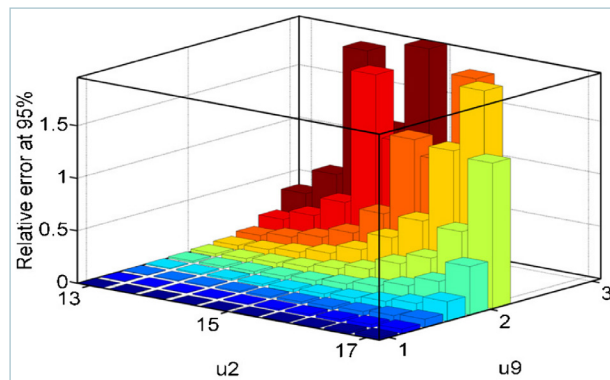
Projektslut: 2015

Projektet syftar till att utveckla en metod för frekvensreglering i kraftsystem med stora mängder vindkraft. Målet i projektet är att utveckla och verifiera en metod för att kunna beakta osäkerheter i driften av system med stora mängder (25-50%) vindkraft samt bestämma produktionsomfördelning via tertiärreglering. Detta ska leda till ett minskat behov av att sätta överföringsmarginaler, vilket i sin tur innebär att användningen av de befintliga resurserna kan optimeras.

Osäkerhet i driften beaktas inte idag vilket medför ett behov att sätta marginaler, såsom överföringsmarginaler i Sverige för att skydda systemet från osäkerheten vilket i sin tur betyder att de tillgängliga resurserna inte används på ett optimalt sätt. Därmed finns det behov av metoder för att både styra frekvensregleringsresurser på ett kostnadseffektivt sätt och säkerställa en säker drift av systemet i kraftsystem med stora mängder vindkraft. Projektet genomförs av en doktorand vid Kungliga Tekniska Högskolan och arbetet inbegriper utveckling av metoden för storskaliga kraftsystem samt verifiering av densamma.

Projekt mål:

- Ett nytt probabilistiskt ramverk för systemdrift har tagits fram som beskriver de behov som uppstår vid integration av stora mängder vindkraft. Med detta ramverk ska osäkerheter i system med stora mängder vindkraft kunna beaktas i driften. Inom detta ramverk definieras begreppet risknivå för driften av systemet.
- En metod för produktionsomfördelning har tagits fram inom det ovannämnda ramverket: Denna metod skall kunna användas för att anropa bud (tertiärreglering) samt, i mån av tid, kunna användas för primär- och sekundärreglering, på ett optimalt sätt vid osäkerheter från stora mängder vindkraft.



Det finns ett behov av metoder för att både styra frekvensregleringsresurser på ett kostnadseffektivt sätt och säkerställa en säker drift av systemet i kraftsystem med stora mängder vindkraft.

Projektledare: Lennart Söder



- En analys av metodens skalbarhet beroende på storleken på kraftsystemet och mängden osäkerhet i systemet (antal vindkraftparker) har genomförts.
- En analys av metodens noggrannhet (eftersom metoden bygger på approximationer) har genomförts.
- En vidareutveckling av metoden har genomförts för att kunna använda olika modeller för vindkraftsvariationer. Speciellt viktigt vid denna punkt är korrelationen mellan de olika vindkraftparkernas variationer.
- En utvärdering av nyttan av att använda den utvecklade metoden jämfört med dagens sätt för generationsomfördelning har genomförts.

Effektmål:

- Med den nya metoden skall produktionsresurserna kunna användas på ett bättre sätt. Med detta menas att med den nya metoden ska aktiveringskostnader för tertiärregleringsbud vara billigare samtidigt som samma risknivå (som definierat i projektmålen) ska säkerställas för driften av systemet.
- En bättre förståelse av påverkan av införandet av stora mängder vindkraft på driften av kraftsystem har uppnåtts. I detta ingår en djupare förståelse av konsekvenserna att fatta beslut såsom avropning av reglerbud under osäkerheter på grund av vindkraft.

Highres-prodseries

Titel: Högupplösta tidsserier

av framtida vindkraftproduktion

Verksamhetsområde: Vindkraft i elsystemet

Projektledare: Mikael Bergkvist

Utförare: Uppsala Universitet

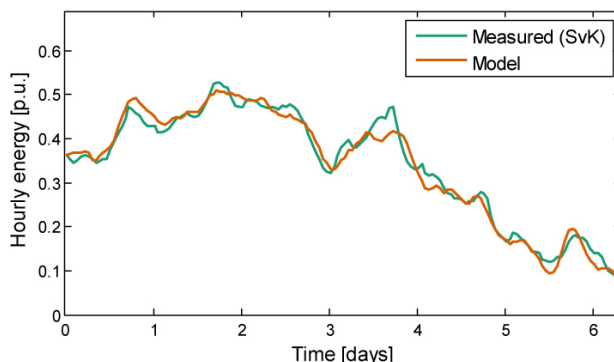
Projektslut: 2015

Projektet syftar till att ta fram realistiska tidsserier av vindkraftproduktion som ska underlätta för och höja kvaliteten på kommande kraftsystemstudier, med en ökande andel vindkraft i systemet. Produktionsserier med upplösningen 5-15 minuter ska tas fram för perioden 1979-2014, och kan därigenom jämföras med verkliga förhållanden under samma period. Data från länder med högre upplösning så som Danmark och Tyskland ska också användas för att ytterligare förbättra modellen.

För många typer av kraftsystemstudier krävs realistiska tidsserier av kommande vindkraftproduktion. Detta projekt syftar till att ta fram aggregerade produktionsserier med upplösningen 5-15 minuter dels för Sverige som helhet och dels för de fyra snittområdena. Scenarier av framtida utbyggnad, både geografiskt och tekniskt, kommer utformas i samverkan med aktörer i branschen, preliminärt på nivåerna 20, 30 och 50 TWh årlig produktion. Information om vindkraftverken matas in i en (redan utvecklad) modell som utifrån meteorologiska återanalysdata beräknar timvis aggregerad produktion.

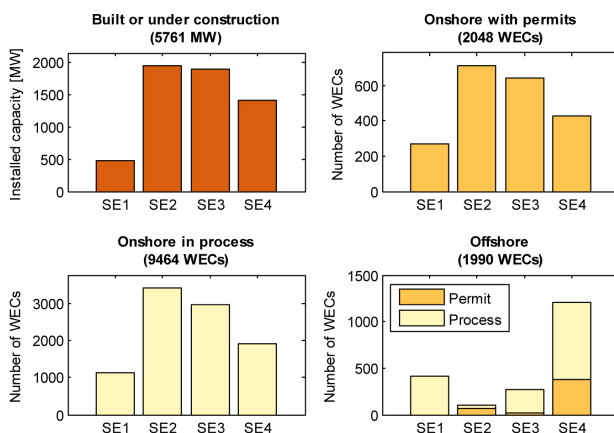
De resulterande produktionsserierna kommer att löpa från 1979-2014 (36 år) och kan således jämföras med den verkliga last, hydrologiska situation etc. som då rådde. En statistisk modell av variationerna inom timmen kommer också att utvecklas. Med hjälp av denna kommer de meteorologiskt baserade timvisa produktionsserierna transformeras till tidsserier med högre upplösning. Detta är relevant eftersom vindkraftens variationer inom timmen blir alltmer viktiga att studera med en ökad penetration i kraftsystemet. Den statistiska modellen kommer att tränas på data från länder/områden med mätning med högre upplösning, t.ex. Danmark, Tyskland och Irland.

Det övergripande målet med projektet är att de tidsserier som produceras skall vara trovärdiga representationer av de variationer som uppkommer med högre andel vindkraft och därigenom höja kvaliteten på kommande kraftsystemstudier.



Modell för timvis aggregerad vindkraftsproduktion.

Modellen baseras på information om individuella vindkraftverk samt data från den meteorologiska modellen MERRA. Eftersom modellen underskattade högfrekventa variationer i produktionen utvecklades en metod för kompensation av detta.



Scenarier av vindkraftsutbyggnad

Flera olika scenarier med en årsproduktion mellan 20 och 70 TWh togs fram. För att få realistiska antaganden om kapacitetsfaktorer, andel havsbaserad vindkraft etc., genomfördes intervjuer med sakkunniga personer. Scenarierna användes sedan som indata till den ovan beskrivna modellen och 36 år långa tidsserier skapades.

Jon Olausson arbetar med att ta fram tidsserier som ska ligga till grund för kraftsystemstudier som används vid planering av nya vindkraftverk.



Inertia-support

Titel: Stödstrategier medelst vindkraftverk för elsystem med lågt tröghetsmoment och med hög andel av vindkraft

Verksamhetsområde: Vindkraft i elsystemet

Projektleadare: Peiyuan Chen

Utförare: Chalmers

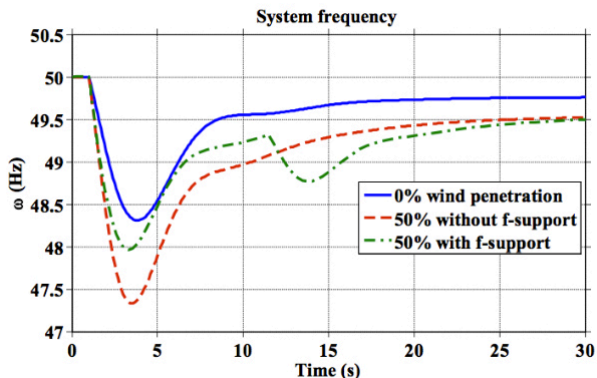
Projektslut: 2017

Projektets huvudsakliga syfte är att undersöka möjligheten och nyttan av att använda tröghetsmassan hos vindkraftverk för att öka elnätets roterande massa. Detta med eller utan extra energilagring och speciellt för ett elnät med låg roterande massa och hög andel vindkraft. Ett ytterligare syfte är att utvärdera den sammanlagrade kinetiska energin hos en vindkraftspark med hjälp av ett probabilistiskt tillvägagångssätt.

Det tekniska och ekonomiska värdet av variabel hastighet för vindkraftverk kommer också att undersökas med avseende på att tillhandahålla en sådan tröghet i kraftsystemet.

Vid projektets slut ska projektet ha:

- Implementerat och utvecklat en dynamisk modell av ett vindkraftverk med variabel hastighet och energilagring för snabba frekvensvariationsstudier.
- Undersökt förmågan och begränsningar för ett vindkraftverk med variabel hastighet att ge extra energi från sin kinetiska energi med/utan energilagring i den operativa fasen.
- Utvärderat den sammanlagrade kinetiska energin hos en vindkraftspark vid olika scenarion hos ett framtida elsystem genom att använda ett probabilistiskt tillvägagångssätt, för den långsiktiga planeringen.
- Uppskattat den tillgängliga kinetiska energin hos ett VSWT några få sekunder före dess realtidsdrift, för den operativa planeringen.
- Bestämt det ekonomiska värdet för vindkraftsparksägaren av att tillhandahålla tjänsten med kinetiska energin..



Det tekniska och ekonomiska värdet av variabel hastighet för vindkraftverk kommer att undersökas med avseende på att tillhandahålla en tröghet i kraftsystemet.

Projektleadare:
Peiyuan Chen.



Subsyn

Titel: Analys av subsynkrona oscillationer i vindkraftsparker

Verksamhetsområde: Vindkraft i elsystemet

Projektledare: Mehrdad Ghandhari

Utförare: KTH

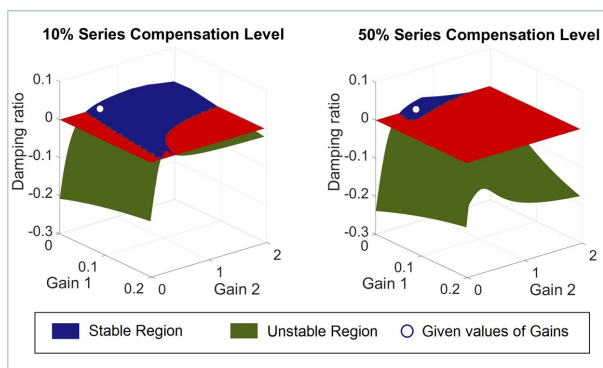
Projektslut: 2016

Projektet ska öka förståelsen för subsynkrona oscillationer (SSO) i vindkraftverk. Tidigare studier inom Vindforsk (Elforsk rapport 11:29) visar att seriekompenserade ledningar, som används för att kunna överföra större mängd vindkraft till belastningsområden, kan öka risken för SSO. Genom tester och simuleringar av variationer i produktion, olika nivåer på seriekompensering och kortslutningseffekter, ska riskerna för SSO identifieras. Ökad kunskap om SSO ska minska risken för subsynkron resonans i vindkraftsystemen, då sådan resonans kan vara skadlig för turbinerna.

För att överföra stora mängder vindkraft från avlägsna vindkraftsparker till belastningsområdena, behövs nya överföringsledningar och ett bättre utnyttjande av det befintliga överföringssystemet. För att effektivt öka kapaciteten av nya kraftledningar och det befintliga transmissionssystemet, är seriekompensering ett välkänt kostnadseffektivt sätt. Däremot kan användningen av seriekompenserade ledningar leda till att öka risken för subsynkrona oscillationer (SSO).

Syftet med detta projekt är att förstå subsynkrona oscillationer i vindkraftverk. Detta kommer ske genom att utveckla ett testsystem och simulera systemet över ett brett spektrum av driftsförhållanden, till exempel variationer i vindkraftsproduktion, olika nivåer på seriekompensering och kortslutningseffekter, för att identifiera risken för SSO.

Målet med projektet är att, baserat på matematiska och analytiska metoder, identifiera de styralgoritmer och parametrar som har störst inverkan för att så kallad "Sub-Synchronous Control Interactions" (SSCI) i elnätet ska uppstå och även utveckla tekniska lösningar för att undvika sådana resonanser.



För att effektivt öka kapaciteten av nya kraftledningar och det befintliga transmissionssystemet, är seriekompensering ett välkänt kostnadseffektivt sätt. Däremot kan användningen av seriekompenserade ledningar leda till att öka risken för subsynkrona oscillationer (SSO).

Projektledare: Mehrdad Ghandhari.



Syn-inertia

Titel: Syntetiskt tröghetsmoment för att förbättra frekvens- och vinkelstabilitet

Verksamhetsområde: Vindkraft i elsystemet

Projektleddare: Math Bollen

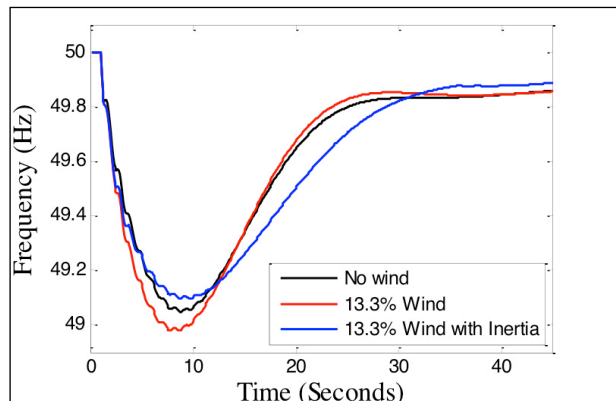
Utförare: STRI

Projektslut: 2015

Projektet syftar till att fördjupa kunskapen om hur så kallad syntetiskt tröghetsmoment kan avhjälpa en del av de problem som kan uppstå med en ökad mängd vindkraft i elsystemet. Vind- och solkraft är energikällor som inte bidrar till mängden tröghetsmoment i systemet, vilket kan påverka frekvensstabiliteten negativt. Projektet ska utveckla en modell av reglersystem för syntetiskt tröghetsmoment i vindkraftverk, studera hur reglersystemets parametrar påverkar lägsta frekvensen och behovet av primärreserv efter ett stort produktionsbortfall, samt ta reda på om syntetiskt tröghetsmoment kan förbättra vinkelstabiliteten.

Stora mängder vindkraft i elkraftsystemet kan påverka systemets prestanda negativt på olika sätt. Konceptet "acceptansgräns" ("Hosting capacity") infördes i ett europeiskt samarbetsprojekt (EU-DEEP) då STRI var en viktigt partner, för att bedöma på ett transparent sätt hur mycket vindkraft kan anslutas till nätet. Konceptet har senare utvecklats av STRI i ett flertal publikationer och även av flera andra forskare inom och utanför Europa. När man tar elsystemet i Norden som helhet är det bland annat brist på tröghetsmoment som sätter acceptansgränsen. En av konsekvenserna av att ersätta stora mängder konventionell produktion med vindkraft (eller solkraft) är att mängden tröghetsmoment (rörelseenergi) som är tillgängligt i systemet minskar. Om tröghetsmomentet i systemet blir för litet äventyrar det frekvensstabiliteten vid bortfall av stora produktionsenheter eller HVDC länkar.

Flera algoritmer föreslås i litteraturen för att implementera syntetiskt tröghetsmoment i vindturbiner som stöd för frekvensstabiliteten under de första sekunderna efter bortfall av en stor produktionsenhet, innan primärregleringen av de konventionella kraftverken har aktiverats. Tanken med syntetiskt tröghetsmoment i vindturbiner är att använda en del av rörelseenergin i turbinbladen för att öka den inmatade effekten när frekvensen går ner under en



Stora mängder vindkraft i elkraftsystemet kan påverka systemets prestanda negativt på olika sätt. Målet med projektet är att utveckla en enkel modell av reglersystemet för syntetiskt tröghetsmoment på vindturbiner.

Projektleddare:
Math Bollen.



viss gräns. Efter några sekunder tar primärregleringen av de konventionella kraftverken över frekvenshållningen.

Det har i ett tidigare projekt inom VindForsk III visats att det finns möjlighet att förbättra frekvensstabiliteten genom syntetiskt tröghetsmoment. I projektet sågs dock att det tar längre tid för frekvensen att återhämta sig och att det finns ett större behov av primärreserv jämfört med ett konventionellt system.

En minskning av tröghetsmoment i en del av systemet kan också försämra vinkelstabiliteten. Även här skulle syntetiskt tröghetsmoment kunna ge ett bidrag till att förbättra stabiliteten.

Projektet består huvudsakligen av följande delmoment:

- Utveckla en enkel modell av reglersystemet för syntetiskt tröghetsmoment på vindturbiner.
- Studera hur reglersystemets parametrar påverkar lägsta frekvensen och behovet av primärreserv efter ett stort produktionsbortfall.
- Studera huruvida syntetiskt tröghetsmoment kan bidra till vinkelstabilitet.

Windharmonics

Titel: Övertoner i vindparker –
spridning och åtgärder

Verksamhetsområde: Vindkraft i elsystemet

Projektledare: Math Bollen

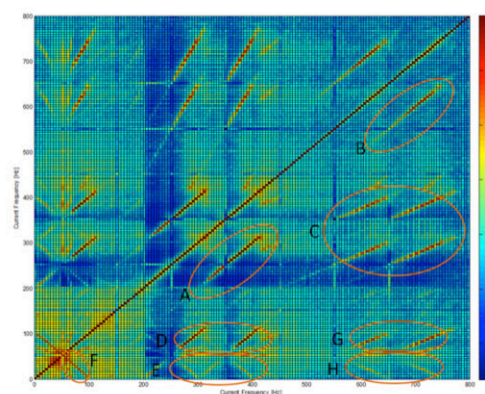
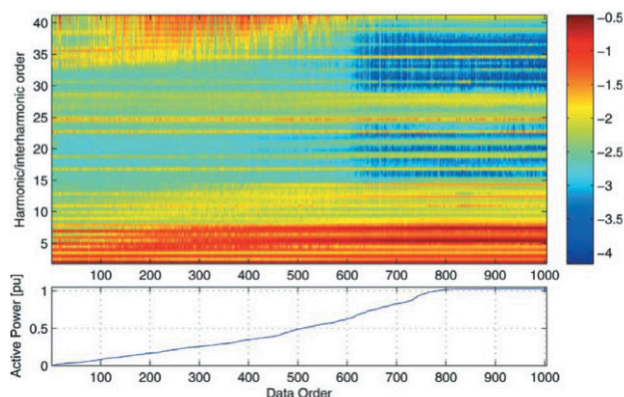
Utförare: Luleå tekniska universitet

Projektslut: 2017

Projektet bygger vidare på en tidigare Vindforskstudie (Elforsk rapport 12:51) om hur så kallade övertoner påverkar vindkraftverk och elsystemet. Under detta projekt ska problematiken med övertoner kartläggas vidare, kunskapen tillämpas och olika lösningar utvecklas. Genom att öka förståelsen och därmed möjligheten att hantera övertoner skapas förutsättningar för elnäten att acceptera mer vindkraft.

Anslutning av stora vindparker till elnätet kommer att påverka nätet på olika sätt. En av de mer specifika tekniska fenomen som påverkas är distorsionen av spänningens och strömmens vågform. Fenomenet är bäst känt under det inte helt korrekta namnet "övertoner". I ett pågående doktorandprojekt på Luleå tekniska universitet, som finansierades av VindForsk III, kartlades övertonsproblematiken i samband med mellanstora och stora vindkraftparker vilket skapade en grundläggande förståelse för problemet.

Detta doktorandprojekt bygger vidare på resultat från det tidigare projektet. Projektet består av tre delar som kan beskrivas som "kartläggning av problematiken", "tillämpning av kunskaper" och "utveckling av lösningar". I första delen kommer spridning av övertoner i vindkraftparker att studeras vidare, då inträffande av resonanser, ökning av resistans med frekvens, och sammanlagring spelar en viktig roll. Tillämpningar av kunskaper kommer att innehålla kopplingstransienter, obefogade utlösningar av reläskydd, och övertonsstudier vid anslutning av parker. Utveckling av lösningar kommer att inrikta sig mot användning av kraftelektronisk styrning vid turbinerna för att begränsa övertonsnivåerna för så väl primäremission (från utrustning i parken) som sekundäremission (med källan utanför parken). Även ett antal andra åtgärder kommer att studeras i projektet.



Överst: Emissioner från
vindturbiner mot produktion.
Mitten:
Mellantoner från vindturbiner
Projektledare: Math Bollen



Dynamic rating

Titel: Dynamic rating

för effektiv anslutning av vindkraft

Verksamhetsområde: Vindkraft i elsystemet

Projektledare: Patrik Hilber

Utförare: KTH

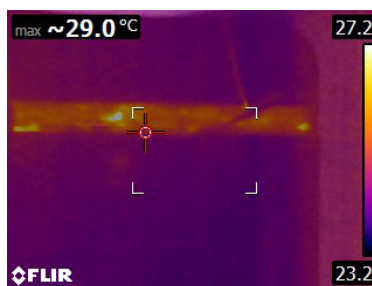
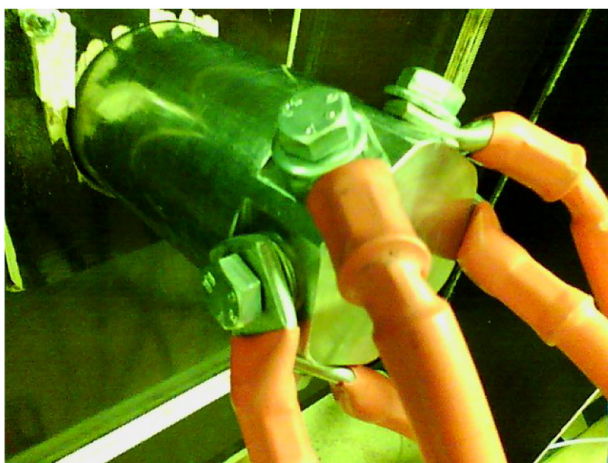
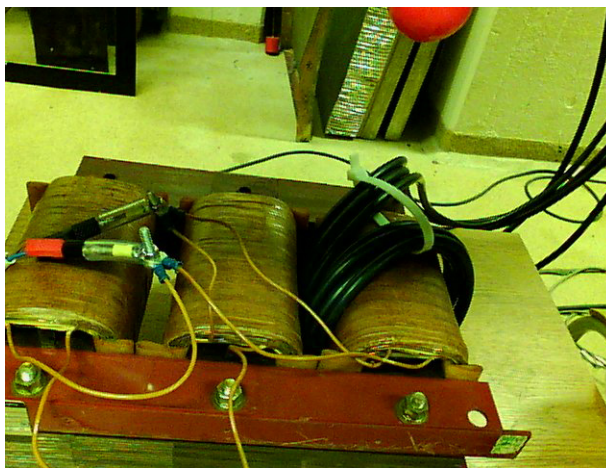
Projektslut: 2017

Projektet ska utveckla tillämpbara metoder för så kallad dynamic rating för beräkning av tillgänglig kapacitet i kraftnätet. Bland annat tas hänsyn till temperatur och vindstyrka vid dessa beräkningar. Detta ska leda till att elnätets resurser kan utnyttjas mer effektivt, och mer vindkraft kan etableras utan att kraftnätet behöver byggas ut eller förstärkas.

På flera håll i Sverige hämmas vindkraftsutbyggnaden idag av begränsad kapacitet i elnätet. Projektet ska utveckla metoder för att avgöra hur många vindkraftverk som kan installeras utan förstärkning av nätet. Med hjälp av dynamic rating kan dimensionering göras med hänsyn tagen till vindhastighet och temperatur.

Vindkraftproduktion bidrar till en ökad kylning av luftledningar och transformatorer. Kyleffekten beror av bland annat vindhastighet och omgivningstemperatur vid produktionsplatsen och längsmed ledningar. Befintliga funktioner av kyleffekten ska analyseras med avseende på dessa faktorer. Sambandet mellan väderdata och driftsstatistik ska också analyseras.

Genom en bättre förståelse för sambandet mellan vindkraftproduktion och ökad kyleffekt kan elnätets kapacitet utnyttjas bättre. Eftersom förstärkning av elnätet ofta är kostsam, kan projektets resultat förbättra lönsamheten vid etablering av vindkraft. Ett annat mål i projektet är att resultaten ska implementeras i relevanta moment inom vindkraftutbildningar på universitetet.



Projektledare:
Patrik Hilber

Vindkraft bidrar till kylning av luftledning och transformatorer. Genom en bättre förståelse för sambandet mellan vindkraftsproduktion och ökad kyleffekt kan elnätets kapacitet utnyttjas bättre. För att beräkna kyleffekten har vindtunnlar byggts upp i laboratoriemiljö.

Genomslag i vindkraftparker

Titel: Analys av genomslag i vindkraftparker

med 36 kV kabelnät och vakuumbrytare

Verksamhetsområde: Vindkraft i elsystemet

Projektledare: Tarik Abdulahovic

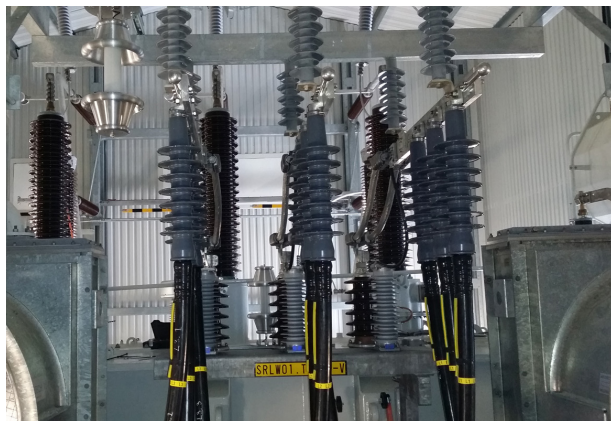
Utförare: Chalmers

Projektslut: 2017

Projektet ska undersöka hur högfrekventa transienter i ett kabelnät påverkar anslutna komponenter. Resultaten ska vara ett steg mot att hitta orsakerna till problemen med genomslag, kortslutning, i vindkraftparker med 36 kV kabelnät och vakuumbrytare. En lösning på det problemet skulle minska risken för produktionsbortfall och öka lönsamheten för sådana vindkraftparker.

Genomslag i olika apparater och i parker med 36 kV kabelnät är ett problem som lyfts fram av flera stora vindkrafts-aktörer, såväl vindkraftägare som nätägare. Kortslutningarna leder till ökade kostnader och till produktionsbortfall. Vad som orsakar problemen är inte klart och därmed saknas även förslag på lämpliga åtgärder.

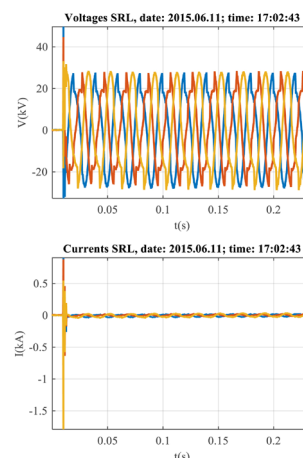
Det är framför allt i apparater som kabelavslut, genomföringar och lokaltransformatorer som problemet uppstår. Projektet ska undersöka hur anslutna komponenter påverkas av så kallade högfrekventa transienter, kortlivade signaler som kan skada isoleringen och därmed orsaka kortslutning. Vilka faktorer som orsakar uppkomsten och spridningen av dessa överspänningar samt vilka skydd som kan behövas ska fastställas.



Projektet består av fem moment:

- Ta fram mätsystem i forskningslaboratorium.
- En modell av vindkraftverk och vindkraftparken ska byggas upp för att kunna genomföra högfrekvensanalys.
- I samarbete med Vattenfall ska en isolationskoordinations- och transientanalys genomföras.
- Mätutrustningen ska installeras i en befintlig vindkraftpark, Vattenfalls Stor-Rotlidens vindpark.
- Mätning av kopplingstransienter och analys av höga frekvenser ska ske i vindkraftparken. Nyckelströmmar och nyckelspänningar ska samlas in vid störningar, och dessa data ska reproduceras i simuleringsprogrammet PSCAD för analys.

Projektet ska bland annat besvara frågan om hur högfrekventa transienter i ett kabelnät, påverkar anslutna komponenter.



LÄGESRAPPORT VINDFORSK

Vårt vindforskningsprogram ska ge ny kunskap för att projektera, bygga och driva nya vindkraftsanläggningar. Programmet ska också underlätta anpassningen av anläggningar och kraftsystemet till en ökande andel vindkraft i Sverige.

Vi bedriver forskning inom områdena vindresurs, projektering och etablering, drift och underhåll samt vindkraft i elsystemet. Just nu har programmet 18 forskningsprojekt som handlar om allt ifrån avisning av vindkraftverk och underhåll av växellådor till frekvensreglering och syntetisk tröghet. Några projekt är en fortsättning på projekt från en tidigare programperiod, medan andra är helt nya. Programmet, som drivs i samverkan med Energimyndigheten, startade i januari 2001 och är nu i sin fjärde programperiod som pågår mellan 2013 och 2017. Energimyndigheten finansierar programmet med 50 procent och branschen med övriga 50 procent.

I det här utdraget från Vindforsks lägesrapport kan du läs mer om de pågående projekten. Du finner också information om årets kommunikationsinsatser och annan verksamhet som pågått inom Vindforsk under året som gått.

Vi gör energivärlden smartare!

Genom samarbete och dialog bedriver vi energiforskning så att ny kunskap skapar värde för näringsliv, kunder och samhället i stort. Vi är det naturliga navet i energiforskningen – en opartisk aktör till nytta för framtidens energisystem.

