

TR A7430 - Åpen

DIP LAB: 212700 - Sluttrapport

Anskaffelse av mobilt kortslutningslaboratorium

Infrastrukturstøtte

Forfatter(e)

Helge Seljeseth



SINTEF Energi AS

Postadresse:
Postboks 4761 Sluppen
7465 Trondheim

Sentralbord: 73597200
Telefaks: 73597250

energy.research@sintef.no
www.sintef.no/energi
Foretaksregister:
NO 939 350 675 MVA

Rapport

Anskaffelse av mobilt kortslutningslaboratorium

Infrastrukturstøtte

EMNEORD:
Mobilt kortslutnings-
laboratorium.
Vindkraft
Infrastrukturstøtte

VERSJON
1.2

FORFATTER(E)
Helge Seljeseth

DATO
2014-10-21

OPPDRAAGSGIVER(E)
Norges forskningsråd

OPPDRAAGSGIVERS REF.
Prosjekt 212700

PROSJEKTNR
502000073

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
13

SAMMENDRAG

Norges forskningsråd innvilget i 2011 infrastrukturmidler til anskaffelse av et mobilt kortslutnings-laboratorium. Søker var SINTEF Energi AS (NOWITECH). Målsetningen var at laboratoriet primært skulle bli en svært verdifull ressurs for forskning på vindkraft. I tillegg ville laboratoriet også kunne bli en verdifull ressurs for forskning på andre fornybare energikilder som mindre vannkraftverk med mer. Laboratoriet ankom Trondheim sommeren 2013 og etter installasjon av diverse ekstraustyr (måleinstrumenter etc) ble første test gjennomført i april 2014.

DIP LAB er per i dag det eneste mobile kortslutningslaboratoriet i Norden og er således en helt unik ressurs i både Norge og våre naboland. DIP LAB er og skal være lett tilgjengelig for alle relevante forskningsmiljø i Norge (og ev. Norden). Per i dag må imidlertid SINTEF Energi personell benyttes for oppkobling av laboratoriet og betjening av laboratoriet under test.

UTARBEIDET AV
Helge Seljeseth

KONTROLLERT AV
Henning Taxt

GODKJENT AV
Knut Samdal

RAPPORTNR
TR A7430

ISBN
978-82-594-3597-2

GRADERING
Åpen

SIGNATUR



SIGNATUR



SIGNATUR



GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	5
2	Valg av laboratorieløsning	5
2.1	Bypassbryter	5
2.2	Forenklet beskrivelse av laboratoriet	6
2.3	Tekniske spesifikasjoner	8
2.4	Laboratoriets navn	9
3	Overtakelse av laboratoriet	9
4	Forskningsaktiviteter som utstyret benyttes til.....	9
5	Utstyret betydning for senterets måloppnåelse.....	11
6	Laboratoriets tilgjengelighet i Norge og Norden	12

1 Innledning

Norges forskningsråd innvilget i 2011 infrastrukturmidler til anskaffelse av et mobilt kortslutningslaboratorium. Søker var SINTEF Energi AS (NOWITECH). Målsetningen var at laboratoriet primært skulle bli en svært verdifull ressurs for forskning på vindkraft. I tillegg ville laboratoriet også kunne bli en verdifull ressurs for forskning på andre fornybare energikilder som mindre vannkraftverk med mer. Det ble opprettet et anskaffelsesprosjekt ved SINTEF Energi som fikk arbeidstittelen ETEST.

2 Valg av laboratorieløsning

Proessen med valg av laboratorieløsning ble mer tidkrevende enn først forventet. Dette skyldtes flere faktorer:

1. Færre selskap enn forventet viste seg å kunne tilby en konkurransedyktig løsning
2. Usikkerhet om bypassløsning var en nødvendighet i laboratoriet
3. Kontraktsforhandlingene (inkludert forhandling om pris/kostnader)

Det gikk en del tid under punkt 1 for å forsikre seg om at enkelte av de selskapene som opprinnelig var forventet å kunne levere en konkurransedyktig løsning (3 stk.), faktisk ikke kunne levere dette likevel. I forbindelse med punkt 2 ble bypassløsning valgt og dette bidro til at laboratoriet ble litt større (2 konteinere i stedet for 1) enn hva det ellers hadde trengt å være. Det ble under punkt 3 diskutert kostnader/priser med 2 mulige fabrikanter, men det viste seg at bare en av dem kunne levere en løsning som både var tilfredsstillende teknisk (høy nok ytelse, bypassfunksjon med mer) og samtidig innenfor kostnadsrammen til prosjektet. Dette var FGH i Mannheim.

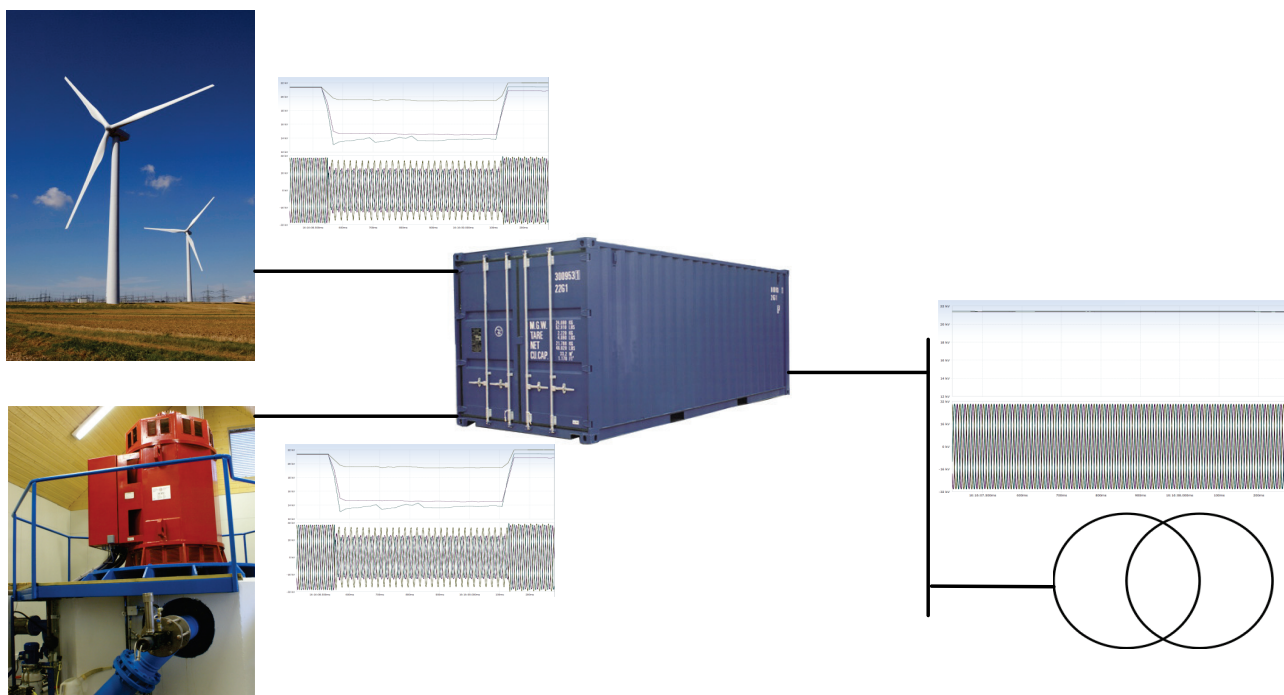
2.1 Bypassbryter

At det ble valgt bypassbryter i laboratoriet, innebærer at produksjonsenheter under test kan ligge tilkoblet nettet og levere kraft mens personell kobler om laboratoriet for kjøring av nye tester med andre parametere (spenningsfall og varighet på spenningsfallet). Dette medfører at kraftverkseier ikke blir påført så store produksjonstap i den perioden testen(e) pågår. Produksjonsenheter vil da i hovedsak kun være frakoblet nettet under tilkoblingen av laboratoriet før testene påbegynnes og ved frakobling av laboratoriet etter testene er avsluttet. Det kan i tillegg bli noen korte tidsrom med stans i produksjon når man under test når produksjonsenhets "immunitetsgrense" mot spenningsfall (kortslutning) i nettet.

Valg av laboratorium med bypassbryter kan vise seg å bli enda viktigere enn antatt, da de første produksjonsselskapene som SINTEF Energi har vært i kontakt med i løpet av 2014 (med hensyn til å foreta tester), påpeker at de vil ha kompensasjon for eventuelle produksjonstap.

2.2 Forenklet beskrivelse av laboratoriet

Dette mobile laboratoriet kobles inn i serie mellom produksjonsenheter som vindturbiner, småkraftverk med mer. Laboratoriet kan da påtrykke emulerte feil i nettet for produksjonsenheten uten at det faktisk er feil i nettet. Kun produksjonsenheten under test og ikke nettkundene i området der laboratoriet er i bruk (eller andre produksjonsenheter), vil oppleve spenningsfall (spenningsdipp) tilsvarende det man får ved kortslutninger/feil i nettet (se figur 1). Ved å variere størrelsen på spenningsfallet og varigheten kan man fastslå produksjonsenhetenes immunitet mot feil/kortslutninger (spenningsfall) i nettet.



Figur 1. Figur som viser hvordan laboratoriet påtrykker et spenningsfall på produksjonsenheter under test, mens nettspenningen holdes tilnærmet konstant.

Laboratoriet som her er anskaffet, består av to containere (se figur 2) der den ene inneholder impedansene (spolene) som benyttes for å trekke ned spenningen til produksjonsenheten under test. Variasjonene i spenningen på nettsiden av laboratoriet holdes dermed så små at de ikke medfører noen ulempe for andre tilknyttet nettet. Den andre containeren inneholder effektbryter, kontrollutrustning og måleutstyr (se figur 3).

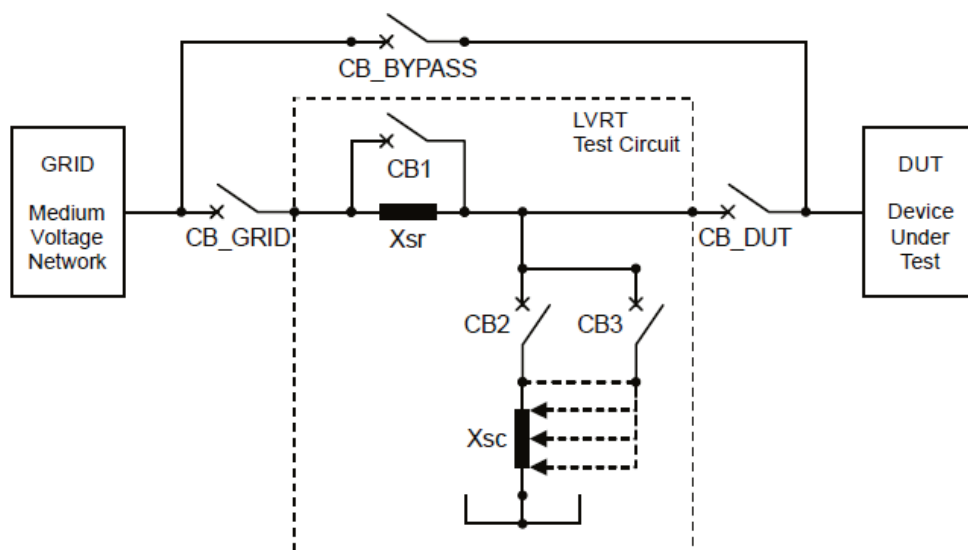


Figur 2 Bilde av laboratoriets to konteinere sammenkoblet før test.



Figur 3. Bilde inn gjennom portene i begge konteinere som viser spolene (induktansene) i den ene konteineren (til høyre) og kontrollutrusningen i ytterste halvdel av den andre konteineren (til venstre).

Det benyttes en fjernstyringskonsoll med lang kabel slik at laboratoriet fjernbetjenes (fra bil eller bygning i nærheten) da ingen(!) skal være inne i noen av kontainerne under test. Konteinerne er å anse som høyspenning koblingsanlegg (10 til 35 kV) og det skal være kompetent/godkjent personell til stede som fungerer som leder for kobling og leder for sikkerhet. Se figur 4 for enlinjeskjema for laboratoriet.



Figur 4. Enlinjeskjema for det mobile kortslutningslaboratoriet

2.3 Tekniske spesifikasjoner

2 stk. containere med mål 12,2m x 2,44m x 2,89m (lxbxh). Vekt hhv 11 og 15 tonn.

Ytelse: 8 MVA

- 1 – 4,5 MVA, i 10 kV-system
- 1 – 8 MVA i 20 og 30 kV-system

Systemspenning: opp til 36 kV

Kompatibel nettfrekvens: 50 og 60 Hz

Driftstemperatur: -10 °C til +40 °C

De ulike feiltyper som laboratoriet kan generere er:

1. Trefase kortslutning isolert fra jord
2. Trefase kortslutning mot jord
3. To faser kortsluttet isolert fra jord
4. To faser kortsluttet mot jord
5. Enfase jordslutning (i jordet nett)

Feilene kan kjøres som:

1. Enkel spenningsdipp
2. Dobbel spenningsdipp
3. Stegvis spenningsdipp

Minimum varighet på feil (spenningsdipp) er 100 ms (5 grunnharmoniske perioder).

2.4 Laboratoriets navn

Etter at laboratoriet ankom Trondheim, ble det foretatt en uhøytidelig navnekonkurranse med mange gode innkomne forslag. Et forslag skilte seg imidlertid ut som klar vinner: **DIP LAB** (dip = engelsk. På norsk skrives "dip" med to p: dipp). Navnet er kort og DIP indikerer at LAB'en foretar tester med spenningsdipp.



Figur 5. Grafisk indikasjon på laboratoriets testfunksjon

3 Overtakelse av laboratoriet

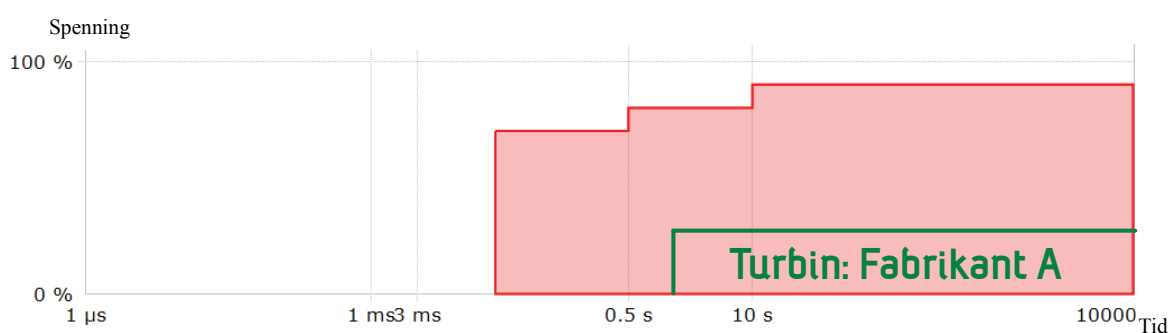
Laboratoriet ankom Trondheim sommeren 2013 og planen for formell overtakelse av laboratoriet fra fabrikant var høsten 2013. Formell overtakelse ble gjennomført med personell fra fabrikanten til stede som avholdt kurs og deretter under en reell test gjennomførte siste veiledning av personell som gjennomførte testen. Det tok lengre tid enn forventet å finne passende tidspunkt for fabrikant (FGH), nettselskap og kraftselskap (TrønderEnergi), fabrikant av vindturbin (Enercon) og SINTEF Energi, så første test ble derfor gjennomført første uken i april 2014.

4 Forskningsaktiviteter som utstyret benyttes til

Første test med laboratoriet ble gjennomført på turbin 5 på Valsneset (Enercon-turbin) den første uken i april i år (se figur 6 og 7). I regi av NOWITECH skal det kjøres en ny og mer omfattende test på samme turbin i november/desember 2014 der man trenger å få gjennomført en test under kraftige vindforhold. Videre tester i regi av NOWITECH fra og med 2015 er under planlegging og tidspunkt er foreløpig ikke fastsatt.



Figur 6. Første DIP LAB-test. April 2014 på turbin 5 på Valsneset.



Figur 7. Dipp immunitetskurven (FRT = "Fault Ride Through" capability) til den testede vindturbin på Valsneset i april 2014. Rød kurve/område er ITIC-kurven og turbinens immunitetskurve er den grønne som er bedre enn ITIC.

15. oktober 2014 ble det sendt inn IPN-søknad til Forskningsrådet på prosjektet DIP TEST der DIP LAB er planlagt benyttet i ganske stort omfang. Dette prosjektet vil kunne utnytte DIP LAB til forskning ut over de forskningsaktivitetene som ligger i NOWITECH. Hovedmål til DIP TEST-prosjektet er å vurdere gyldigheten og kvaliteten av dynamiske simuleringer av småkraftverk som gjøres i dag, gi en oversikt over

FRT-egenskapene til småkraft i distribusjonsnettet samt vurdere overholdelse av krav i Statnetts FIKS og nye Network codes.

De foreslåtte delaktivitetene er:

- Planlegge samt inngå avtaler (med nett- og produksjonsselskap) for kortslutningstester av småkraftverk
- Gjennomføre tester av fault-ride through (FRT)-egenskapene i småkraftverk.
- Utføre dynamiske simuleringer av småkraftverk
- Sammenligne simuleringsresultat og resultat fra kortslutningstester.
- Oppsummere resultater og sammenligne med krav i FIKS og ENTSO-e

Et kort sammendrag fra prosjektsøknaden er som følger:

"Som følge av politiske målsetninger om økt produksjon av fornybar kraft foregår det nå økt utbygging av distribuert produksjon i Norge. Økt andel distribuert produksjon kan få store konsekvenser for kraftsystemets evne til å forhindre avbrudd ved feil og forstyrrelser i nettet dersom dette ikke blir tatt hensyn til. Likevel er fault-ride-through (FRT)-egenskapene til småkraftverk i distribusjonsnettet ofte ukjent.

Hovedidéen til prosjektet er å utføre kortslutningstester på produksjonsenheter i distribusjonsnettet for å øke kunnskapen om små kraftverks faktiske FRT-egenskaper. Resultatene fra testene benyttes til å verifisere dynamiske simuleringsmodeller, for å bidra til bedre analyser og kunnskap om stabilitet i kraftsystemet. Testene skal utføres med SINTEF Energis (NOWITECHs) kortslutningslaboratorium DIP LAB hos ulike nettselskaper.

God kunnskap om hvordan småkraftverk bidrar til stabiliteten i kraftsystemet er viktig for å sikre at det stilles riktige krav til FRT-egenskaper, så forsyningssikkerheten i kraftsystemet er godt ivaretatt. Når nettet er mer robust mot feil, så er også KILE-kostnader og samfunnsøkonomiske tap forventet å synke. Videre kan kunnskap om småkrafts påvirkning på stabilitet og kunnskap om behov for stabilitet i kraftsystemet avdekke behov for å revidere kravene til småkraft. Dette kan på lang sikt bidra til at integrasjon av småkraft skjer på en sikker og kostnadseffektiv måte."

5 Utstyret betydning for senterets måloppnåelse

NOWITECH har nettilkobling og samspill mellom offshore vindkraftverk og kraftsystemet som et prioritert forskningsområde. DIPLAB er viktig for å kunne adressere dette temaet fullt ut. Bruk av DIPLAB gir grunnlag for analyse, validering og utvikling av numeriske modeller av hvordan offshore vindkraftverk vil respondere på nettfeil som gir spenningsdipp, og for å utvikle nye og bedre løsninger for dette. Dette er av høy relevans.

Offshore vindkraftverk planlegges nå i størrelser på flere tusen MW, for eksempel Dogger Bank utenfor England, og det er da viktig at disse kan driftes med så stor regularitet som mulig og aktivt bidra til å stabilisere nettet ved feil. Dette stiller krav til design av vindkraftverkene. Avhengig av hvordan dette er løst i det enkelte vindkraftverk og nettilkoblingen, vil det også påvirke hvilke mekaniske belastninger det enkelte vindkraftverket blir utsatt for ved nettfeil. Utvikling og validering av numeriske modeller som kan beregne dette med best mulig nøyaktighet, kan sikre riktig design av vindkraftverkene, med redusert risiko og kostnad for offshore vindkraft som resultat. Dette er viktige mål for NOWITECH hvor bruk av DIPLAB bidrar vesentlig.

6 Laboratoriets tilgjengelighet i Norge og Norden

DIP LAB er per i dag det eneste mobile kortslutningslaboratoriet i Norden og er således en helt unik ressurs i både Norge og våre naboland. Det finnes tilsvarende laboratorier i Tyskland og også enkelte andre land, men på grunn av sitt omfang (vekt, volum) og antall personer som trengs for å kjøre tester, vil det være svært dyrt å leie inn og transportere både laboratorium og personell fra land som i dag har tilsvarende utstyr.

DIP LAB er og skal være lett tilgjengelig for alle relevante forskningsmiljø i Norge. Per i dag må imidlertid SINTEF Energi personell benyttes for oppkobling av laboratoriet og betjening av laboratoriet under test. Laboratoriet kan også transporteres til Sverige og benyttes der ved eksempelvis norsk-svenske samarbeidsprosjekt. Transportkostnadene for et slikt stort og tungt laboratorium er imidlertid betydelige slik at tester kan bli dyrere i eksempelvis Danmark og Finland selv om det er fullt mulig å kjøre tester med laboratoriet også der.

Transportkostnader kan en dele i to nødvendige deler:

1. Konteinerløft på og av konteinerlastebiler med mobil kran: Dette må skje i begge ender av transport-etappen.
2. Selve transporten/kjøringen av konteinerne (på lange strekk kan frakt med skip også være aktuelt).

Kostnadene for transport vil normalt være lik begge veier. For testen på Valsneset i april 2014 (Valsneset er ikke så langt fra Trondheim der konteinerne oppbevares når de ikke er i bruk) var de samlede transportkostnadene på cirka 45 000 kr. Kostnadene for konteinerløft vil ikke variere med transportdistansen, men det vil i stor grad kostnadene for selve transporten gjøre.

Nå, høsten 2014, er det inntil videre 7 personer ved SINTEF Energi som har fått opplæring i bruk av laboratoriet. To av disse kan være leder for sikkerhet og leder for kobling og minst en av disse må være med ved bruk av laboratoriet. Det er planlagt å lære opp ytterligere en tredje ressursperson ved ny test på Valsneset høsten 2014. De 5 andre som har opplæring i bruk av laboratoriet kan koble opp laboratoriet og foreta tester, men er ikke godkjent for å være leder for sikkerhet og leder for kobling i høyspenningsanlegg. For at tester skal kunne foretas med DIP LAB må et absolutt minimum av 3 (anbefalt 4) personer være til stede og kjøre testene.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no