

Projektledare Math Bollen
Projekttitel Drift av stora kraftsystem med små mängder av fysiskt tröghetsmoment

Administrativ bilaga till Slutrapport

Uppföljning av måluppfyllelse och nyttiggörande

I samband med att ni lämnar in slutrapport för ert projekt ska också denna blankett fyllas i och läggas som bilaga till slutrapporten.

Denna blankett riktar sig till Energimyndigheten, och visas *inte* i vår externa projektdataas.

Syftet med blanketten är att följa upp projektets måluppfyllelse enligt Energimyndighetens beslutsdokument, eventuella avvikelser i projektets måluppfyllelse och genomförande samt vad projektet har gjort/kommer att göra för att projektets resultat ska komma till gagn för övriga samhället. Samtidigt följer vi också upp ett antal generella indikatorer som Energimyndigheten följer för de projekt vi stödjer.

Detta dokument ska skickas in som en bilaga till slutrapporten via E-kanalen.

1. Projektets måluppfyllelse

a) Vilka var projektets mål (enligt Energimyndighetens beslutsdokument)?

Mål

Projektets övergripande mål är att få en allmän förståelse för design och drift av systemet för banmatning.

Projektet ska:

- Ta fram en metodik för att beräkna var gränsen för drift av banmatning, med hänsyn till brist på fysiskt tröghetsmoment, ligger samt beräkningsresultat för det svenska banmatningssystemet.
- Ta fram en metodik för att beräkna var gränsen för drift av transmissionssystemet i samband med övergången till produktionsenheter som inte bidrar till fysiskt tröghetsmoment ligger, samt beräkningsresultat för det svenska kraftsystemet.
- Ta fram metodik för att beräkna hur användning av elektroniskt tröghetsmoment ändrar gränserna enligt första och andra punkten, samt beräkningsresultat för det svenska kraftsystemet och banmatningsnätet.

- Ta fram mätdata om minst två verkliga händelser med stora obalanser mellan produktion och konsumtion i banmatningsnätet.

b) Hur förhåller sig projektets resultat till projektets mål?

För vart och ett av projektets mål, redovisa de viktigaste resultaten och bedöm i vilken utsträckning och/eller på vilket sätt dessa bidrar till att projektets mål uppnåtts eller kan komma att uppnås. (Exempel: Om projektets mål var att fram en prototyp av ett visst slag som sparar x kWh jämfört med en viss annan teknik, berätta hur många kWh som faktiskt sparas med den teknik som tagits fram inom projektet jämfört med den referensteknik som angavs i målet).

Det övergripande målet om allmän förståelse för design och drift av systemet för banmatning har uppnåtts då nya modeller och nya simuleringar har genomförts vilka inte tidigare gjorts. Simuleringsresultaten i sin tur bidrar till att bygga upp en allmän förståelse för systemets beteende och interaktionen av olika typer av kraftförsörjning. Detta framförallt i transienta förlopp.

- Arbetet har lärt oss att problematiken är mer komplicerad än vi (och andra) trodde:
 - Eftersom banmatningsnätet drivs synkront med det allmänna elnätet är frekvensstabilitet inte ett problem. Istället kan vinkelstabilitet bli ett problem och en stor del av forskningen har riktat sig mot detta.
 - Huvudproblemet med vinkelstabilitet i Svenska banmatningssystemet verkar så här långt vara att omriktare och roterande omformare beter sig olika, snarare än att det ena eller andra är ”bättre” ur ett stabilitetsperspektiv.
 - De statiska omriktarna är i synkron banmatning programmerade att följa det matande (starka) nätets frekvens. Alltså är risken att ”tappa” frekvensen faktiskt mindre än för en roterande omformare som rent fysiskt ändrar rotationshastighet i en transient. Däremot kan det inte uteslutas att vinkeln kan ”tappas” för vissa typer av händelser och typer av styrning i strömbegränsningsläget.
 - De statiska omriktarna har en fördel i det att de inte har en hastighet de kan ”tappa”. De statiska omriktarnas huvudproblem ligger snarare i att de inte kan överlastas och de extra transienter nätet kan utsättas för då de hoppar mellan strömbegränsningslägen och normal drift, samt hur de beter sig när de befinner sig i strömbegränsningslägen.
 - Resultaten så här långt har bidragit till ovanstående preliminära slutsatser. De har även visat på behoven att utreda sakerna.
 - Det finns en problematik gällande nätstabilitet i banmatningen. Det är dock långt ifrån säkert att problemen så enkelt kan härledas till ”brist på fysiskt tröghetsmoment”, eller att det skulle finnas en kritisk gräns för andel av denna.

- Det är dock oklart vad som orsakar denna instabilitet ännu, och hur den kan åtgärdas, eller hur riskerna för dess uppkomst kan reduceras. Det handlar snarare om att fortsatt utreda vad som egentligen pågår för att i ett senare skede kunna dra mer konkreta slutsatser om instabiliteternas uppkomst, orsaker, reduktion, samt hävande.
- Eftersom Svenska Kraftnät lämnade projektet innan det startade har djupare studier om frekvensstabilitet av det nordiska kraftsystemet inte gjorts. Här är dock rimligt att anta att frekvensstabiliteten spelar roll eftersom det är Svenska Kraftnät som ansvarar för frekvensen och de inte kan lita på att någon annan sätter takten för systemet för sina statiska omriktare. Det har utförts och pågår fortfarande en hel del studier om detta. Dessa studier har redan kommit betydligt längre än den lilla förstudie som var tänkt att utgöra en del av detta vårt projekt.
- Modellerna som hittills tagits fram har enbart speglat den fysiska tröghet som finns i statiska omriktare. Det vill säga tidsfördröjningar i filter för mätning och behandling av signaler, samt tidsfördröjningar i omriktarnas interna styrsystem.
 - Introduktion av elektronisk (virtuell) tröghet är en fråga för framtida studier. Fokus har hittills legat på att ta fram modeller som skall återskapa ett realistiskt transient beteende av banmatningsnätet och dess komponenter utifrån hur dagens system beter sig. Detta utan att gå in allt för djupt i detaljer.
 - Det är viktigt här att påpeka att banmatningsnätet har mycket mer kraftigt fluktuerande laster än det allmänna nätet, och det är långt ifrån ovanligt att omformare arbetar över märkeffekt eller att omriktare går i strömgräns. Även om en omformarstation har mer installerad effekt kapacitetsmässigt än vad som tillfälligt är aktiverat hinner inte vilande maskiner eller omriktare aktiveras i händelse av en transient. Alltså finns i normalfallet inte stora mängder av reserveffekt att mata ut (eller ta emot) i stabiliserande syfte i händelse av en transient. Emottagande av effekt kan i sin tur vara ytterligare begränsande då vissa modeller av statiska omriktare inte har förmågan – fysiskt eller mjukvarumässigt – att ta hand om återmatad effekt.
 - En annan anledning att detta inte prioriterats är att det under studiernas och projektets gång inte kommit indikationer på att det är frågan om virtuell/elektronisk tröghet som är den mest kritiska för stabiliteten i banmatningen. Till exempel har beräkningar och simuleringar visat att de statiska omriktarnas snabbhet bidrar till snabbare responser vid fel, och att vissa oscillationer som uppkommer mellan roterande omformare – i

system med huvudsakligen roterande omformare – dämpas eller försvinner när andelen statiska omriktare ökar lokalt.

- Det föreligger alltså en viss oklarhet om virtuellt tröghet är såväl genomförbart i praktisk mening, eller ens inverkar positivt för banmatningen.
- För framtida studier gällande virtuell tröghet och smarta banmatningssystem skulle de matande omriktarnas bristande överlastningsförmåga kunna kompenseras genom att via snabba IKT-baserade och GPS-baserade system tvinga ett strategiskt urval att tåg att antingen minska sina gaspådrag eller att strategiskt och kortvarigt bromsa återmatande för att säkerställa transienta eller hastigt uppkomna behov av effekt.
- Även större mellanledskondensatorer i omriktare med likströmsmellanled skulle kunna erbjuda en större förmåga att erbjuda elektronisk tröghet. Det är dock en kostnadsfråga, och dessutom erbjuder inte direktomriktare (typ exempelvis M2C) samma möjlighet.
- Detta har gjorts i en artikel. Här har stationerna där obalanserna och instabiliteterna uppstår anonymiserats.
 - I det ena skeendet har mätningarna gjorts i en rent statisk omformarstation vilken dessutom är ansluten till banmatningens transmissionsnät på 132 kV, vilket också löser ut efter bortkoppling.
 - I det andra skeendet finns en blandning av roterande omformare och minst två olika modeller av statiska omriktare i stationen. Händelsen sker i Götaland där transmissionsnät saknas, men lasterna är stora.

2. Kommentera eventuella betydande avvikelser i projektets målfyllelse och/eller genomförande i förhållande till Energimyndighetens beslut om stöd till projektet

Om projektet inte nått målen eller om betydande förändringar gjorts i projektets genomförande jämfört med projektbeslutet, motivera detta. Beskriv också vad som har gjorts för att motverka dessa avvikelser.

Huvudsaklig avvikelse relaterar till att Svenska Kraftnät bestämde sig för att inte vara med i projektet, så fokus har helhjärtat lagts på problematik förekommande i banmatningsnätet. Vi tror att det var bra för projektet eftersom vi kunde rikta alla våra resurser till huvudproblemställningen.

Vidare konstaterades att frekvensinstabilitet inte normalt sett uppkommer i det skandinaviska banmatningsnätet då det drivs synkront med det matande allmänna nätet.

3. Spridning och nyttiggörande av resultatet i samhället

a) Hur har projektet arbetat för att sprida projektets resultat och/eller på andra sätt se till att det kommer till nytta? Vilka eventuella ytterligare aktiviteter kommer att göras framöver?
Beskriv projektets genomförda och planerade kommande aktiviteter för att sprida projektets resultat och/eller på andra sätt se till att det kommer till nytta i samhället. Berätta också om ni har förslag på resultat som ni eventuellt skulle vilja kommuniceras genom Energimyndighetens kanaler (genom nyhet, information riktad till Energi – och klimatrådgivare etc), och föreslå i så fall gärna hur detta skulle kunna göras.

- Spridning

- Konferensbidrag har publicerats och presenterats på:
 - Comprail 2014
 - NORDAC 2014
 - Comprail 2016
- Kontinuerlig dialog har förts med referensgruppen inom Elektra där representanter från industrin och akademien funnits
- Tidvis har dialog med Jernbaneverket (JbV) och Solvina förekommit. JbV var den norska myndigheten för järnväg. Efter nyåret 2017 har en omorganisation skett. Solvina säljer och ansvarar för tillfället för simuleringsprogrammet TracFeed Simulation baserat på SIMPOW.
- Vi är öppna för kommunicerande genom Energimyndighetens kanaler.

- Nyttgörande

- Forskningen är relativt grundläggande så kortsiktigt nyttgörande gäller främst ökad kunskap i och om sektorn gällande systemet.
- Nyttgörandet stärks genom ytterligare studier för att på sikt kunna komma till mera konkreta rekommendationer gällande framtida drift av, struktur på, och regler för banmatningens nät.
- Dock finns en tät dialog med TrV och med användande av de utvecklade modellerna har simuleringsresultat kunnat förklara ett fenomen som TrV hade sett i sina mätningar. Förklaringen ger TrV underlag för framtida dialog med tillverkare.

b) Har eller planeras projektet resultera i några patent eller andra bevis på rättigheter till resultat, eller några ansökningar om detta? Om bevis på rättigheter till resultat tagits ut eller ansökningar planeras, vem äger/har nyttjanderätt till dessa?
Beskriv detta i så fall här.

Inget sådant har skett.

4. Eventuella bilagor till rapporten som inte ska visas i Energimyndighetens externa projektdatabas

a) Innehåller slutrapporteringen bilagor som inte ska visas i Energimyndighetens externa projektdatabas? Slutrapporten ska alltid kunna visas i Energimyndighetens externa projektdatabas. Däremot visas inte denna Administrativa bilaga i projektdatabasen. Innehåller slutrapporteringen andra bilagor som inte ska visas i Energimyndighetens externa projektdatabas? <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nej
b) Om "Ja" i frågan ovan, vilka bilagor gäller det? Skriv filnamnen på eventuella bilagor till slutrapporten som inte ska visas externt här. Bilagor som inte ska exponeras externt ska märkas upp genom att "EJ SPRIDNING" skrivs in i dokumentets rubrik. Alternativt kan dokumentet vattenstämplas med "EJ SPRIDNING". Dessutom ska i filnamnet läggas in ordet "SEKRETESS" alternativt "EJ SPRIDNING".