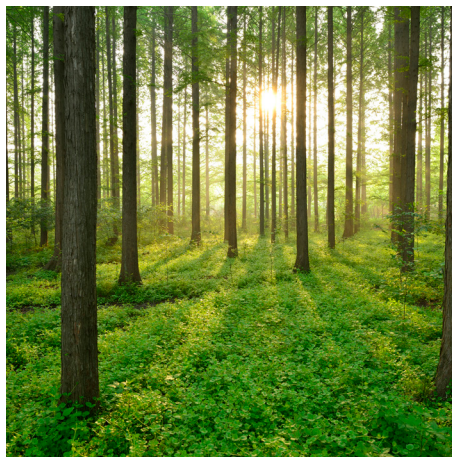
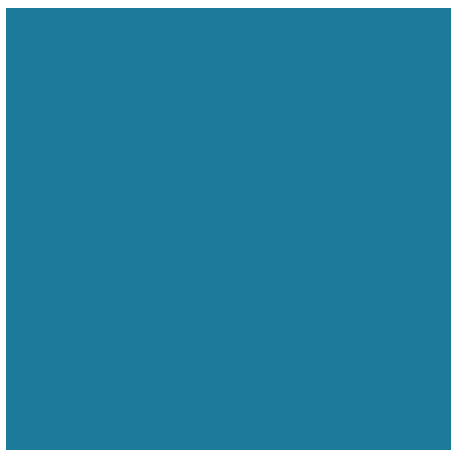


NÄTVERK INOM ANSLUTNING AV DISTRIBUTERAD GENERERING

RAPPORT 2024:987



ELNÄTENS HÅLLBARA TEKNIK-
UTVECKLING OCH DIGITALISERING



Nätverk inom anslutning av distribuerad generering

MATILDA ARVIDSSON

ISBN 978-91-7673-987-7 | © Energiforsk januari 2024

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se |
www.energiforsk.se

Förord

Projektet *Nätverk inom anslutning av distribuerad generering* ingår i programmet Elnätens hållbara teknikutveckling och digitalisering. Med en ökad mängd decentraliserad generering, växer behovet av att kunna utbyta erfarenheter kopplat till elkrafttekniska utmaningar med anslutning av distribuerad generering inklusive batterilager. Nätverket har bland annat diskuterat anslutningskrav, skyddsstrategier och, "grid forming" kontra "grid following".

Matilda Arvidsson på DNV Sweden AB har varit projektledare, och hon har samarbetat med, Florin Stelea och Lars Messing, även de från DNV. Lucas Thomée har kvalitetsgranskat rapporten.

Stort tack till programstyrelsen för deras initiativ och stöd till projektet:

- Kristina Nilsson, Ellevio (ordförande)
- Arne Berlin, Vattenfall Eldistribution
- Hampus Bergquist, Svenska kraftnät
- Ferruccio Vuinovich/Dennis Ossman, Göteborg Energi Elnät
- Olle Bergström, Jämtkraft Elnät
- Per-Olov Lundqvist, Gävle Energi /Elinorr
- Magnus Sjunnesson, Öresundskraft
- Magnus Brodin, Skellefteå Kraft Elnät
- Göran Sandström, Umeå Energi Elnät
- Tilda Nordin, Mälarenergi Elnät
- Karl-Johan Mannerback, Jönköping Energi Nät
- Johan Ribrant, Nacka Energi
- Matz Tapper, Energiföretagen Sverige
- Claes Wedén, Hitachi Energy Sweden
- Magnus Lindström, Grid Diagnose
- Staffan Bjurulf, Sveriges Ingenjörer (MF)

Följande bolag har deltagit som intressenter till projektet. Energiforsk framför ett stort tack till samtliga för värdefulla insatser.

Ellevio	Jämtkraft Elnät
Vattenfall Eldistribution	Jönköping Energi Nät
Svenska kraftnät	Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö
Göteborg Energi	Karlstads El- och Stadsnät
Statkraft Sverige	Borås Elnät
Fortum	Falu Energi & Vatten
Mälarenergi Elnät	Borlänge Energi
Öresundskraft	Nacka Energi
Tekniska Verken i Linköping	C4 Energi
Skellefteå Kraft Elnät	PiteEnergi
Umeå Energi Elnät	Trollhättan Energi Elnät

Skövde Energi
Hitachi Energy Sweden
Energiföretagen Sverige
Sveriges Ingenjörer, Miljöfonden
Griddiagnoze
Energy Opticon
Elinorr ekonomisk förening;
Bergs Tingslags Elektriska,
Blåsjön Nät,
Dala Energi Elnät,
Elektra Nät,
Gävle Energi,

Hamra Besparingsskog,
Hofors Elverk,
Härjeåns Nät,
Härnösand Elnät,
Ljusdal Elnät,
Malungs Elnät,
Sandviken Energi Nät,
Sundsvall Elnät,
Söderhamn Elnät,
Åsele Elnät,
Årsunda Kraft & Belysningsförening,
och Övik Energi Nät

Stockholm i januari 2024

Susanne Stjernfeldt

Energiforsk AB
Forskningsområde Elnät Vindkraft och Sol

Sammanfattning

20e november 2023 anordnades ett nätverk med temat Anslutning av distribuerad generering där verksamma inom branschen fick möjlighet att träffas, lyssna på och diskutera problem, utmaningar och lösningar kopplade till anslutning av distribuerad generering. Dagen var mycket uppskattad, både av personer som medverkade på plats och som deltog via Teams.

Under dagen hölls sex olika presentationer relaterade till olika utmaningar och lösningar kring anslutning av distribuerad generering dessa var:

- Gabriel Malmer, LTH – Optimering av mellanspänningsnätets kopplingsläge för maximal anslutning av distribuerad generering
- Fredrik Stigebrandt, PLS Energy systems AB – Energipark, exempel från verkligheten
- Ilijaz Kenjar, Göteborg Energi – Spänningshållning med hög andel solceller, exempel från verkligheten
- Anant Narula och Massimo Bongiorno, Chalmers – Grid forming vs. Grid following kontrollfunktioner för generation
- Henrik Hemark, DNV – Nätkodernas betydelse vid hög andel distribuerad förnyelsebar generering
- Arne Berlin och Alexandra Gardarsdottir, Vattenfall Eldistribution – Innovationsprojekt Mikronät Arholma

Dagen erbjöd också mycket diskussion, och framför allt diskuterades utmaningarna med spänningshållning i lågspänningsnät och vilka åtgärder som är rimliga för att hantera dessa höga spänningar. Vidare diskuterades även vikten av bra och tydliga kravställningar, där små produktionsenheter och batterier lyftes fram som exempel där kravställningen var lågt satt.

Nyckelord

Nätverk, Distribuerad generering, Spänningshållning, Nätkoder och RFG, Framtida utmaningar

Summary

20th November 2023 a gathering with the theme Connection of Distributed Generation was held in Gothenburg, where people working with these issues got the chance to meet, listen to, and discuss problems, challenges, and solutions regarding connecting distributed generation. The day was highly appreciated, both by people joining physically and online.

During the day, six presentations related to different challenges and solutions of connecting distributed energy were held, these were:

- Gabriel Malmer, LTH – Optimizing connection configuration in the medium voltage grid to maximize connection of distributed generation
- Fredrik Stigebrandt, PLS Energy Systems AB – Energy park, example from reality
- Ilijaz Kenjar, Göteborg Energi Nät AB – Maintaining voltage with a high degree of connected PV, example from reality
- Anant Narula and Massimo Bongirone, Chalmers – Grid forming vs. Grid following control functions for generation
- Henrik Hemark, DNV – The importance of grid codes with a high degree of distributed renewable generation
- Arne Berlin and Alexandra Gardarsdottir, Vattenfall Eldistribution AB – Innovation project, Microgrid Arholma

The day also offered many discussions, above all what was discussed were the challenges with maintaining correct voltage in low voltage grids and which measures are reasonable to handle these high voltages. Furthermore, the importance of good and clear requirements was discussed, where small generation units and batteries were stressed as examples where the requirements were not very defined.

Innehåll

1	Nätverksträffen	10
1.1	Planering	10
1.2	Agenda	10
1.3	Summering av dagen	11
1.4	Reaktioner och framtiden	14
2	Bilagor	15
2.1	Bilaga 1: Samtliga presentationer	15

1 Nätverksträffen

Datum, Tid: 2023-11-20, 9:00-15:30

Plats: Fysiskt – Göteborg / Digitalt – Teams

Deltagare: Ca 60 st

1.1 PLANERING

Projektet beviljades 2023-06-20 efter vilken planeringen för Nätverksträffen inleddes. Initialt var Johan Stelin projektledare, denna roll överlämnades sedan i början av september till Matilda Arvidsson. Datum och tid för nätverksträffen samt fyra presentationer bekräftades under september månad. I slutet av september skickades anmälningsformuläret ut till ett mindre antal potentiella deltagare, och i början av oktober publicerades anmälan genom Energiforsks kanaler.

I anmälan erbjöds möjligheten att anmäla sitt intresse för att hålla en presentation på nätverksträffen. Det fanns ett stort intresse för detta, och av intresseanmälningarna valdes tre presentationer ut. En av de tidigare bekräftade presentationerna byttes därför ut på grund av ett visst överlapp i innehåll.

För de fysiska deltagarna fanns det förmiddagsfika och kaffe att tillgå. Lunch äts på Gårda Foodmarket, till självkostnadspris.

Totalt 30 personer var anmälda att medverka på plats, och ca 50 var anmälda till medverkan via teams.

1.2 AGENDA

- 9.00-9.10 Introduktion
- 9.10-9.40 **Gabriel Malmer, LTH** – Optimering av mellanspänningsnätets kopplingsläge för maximal anslutning av distribuerad generering
- 9.40-10.10 **Fredrik Stigebrandt, PLS Energy systems AB** – Energipark, exempel från verkligheten
- 10.10-10.40 Förmiddagsfika
- 10.40-11.05 **Ilijaz Kenjar, Göteborg Energi** – Spänningshållning med hög andel solceller, exempel från verkligheten
- 11.05-11.40 Diskussion om presentation 1-3

- 11.40-12.40 Lunch
- 12.40-13.10 **Anant Narula och Massimo Bongiorno, Chalmers** – Grid forming vs. Grid following kontrollfunktioner för generation
- 13.10-13.40 **Henrik Hemark, DNV** – Nätkodernas betydelse vid hög andel distribuerad förnyelsebar generering
- 13.40-14.10 Diskussion om presentation 4-5
- 14.10-14.30 Kaffepaus
- 14.30-15.00 **Arne Berlin och Alexandra Gardarsdottir, Vattenfall Eldistribution** – Innovationsprojekt Mikronät Arholma
- 15.00-15.30 Diskussion om presentation 6 och framtiden / avslut

1.3 SUMMERING AV DAGEN

Från kl. 8.30 så började dagens deltagare anlända, de togs då emot i foajén till Göteborg Regionens lokaler där de kunde börja mingla runt.

Kl. 9.00 drogs Nätverket i gång genom att Matilda Arvidsson hälsade alla välkomna och höll en kort presentation om DNV. Johan Stelin förklarade hur idén med nätverket uppstod och presenterade Energiforsk kort.

Den första presentationen hölls av Gabriel Malmer, doktorand på LTH, där han förklarade sin undersökning av hur optimering av kopplingsläget i Eslövs mellanspänningsnät kunde öka kapaciteten för ansluten generering samtidigt som ström- och spänningsgränser respekteras. Undersökningen visade bland annat att genom att optimera kopplingsläget så kunde det i ca 16 % av alla noder anslutas upp till 50 % mer generering jämfört med aktuellt kopplingsläge för den undersökta tidpunkten. Hur de olika konfigureringar klarade att hålla spänningsgränserna vid eventuellt produktionsbortfall undersöktes också och visade på problem då man tillåtit fyra kopplingsevent, men ingen skillnad när två kopplingsevent och normalkonfigureringen jämfördes. Efteråt frågades det bland annat om studien tog hänsyn till N-1, och om den beaktade förluster vilket sågs som viktiga aspekter för att nätägarna skulle kunna implementera konceptet.

Den andra presentationen hölls av Fredrik Stigberg på PLS Energy Systems AB som presenterade deras verksamhet som gick ut på att erbjuda lösningar för energilagring ihop med solparker, s.k. energiparker. Fredrik presenterade de olika användningsområdena för de projekt de genomfört vilket bland annat inkluderade ett projekt i Bengtsfors kommun där batteriet ska användas för att stärka nätet. Efter presentationen ställdes många frågor om hur framtiden för batterimarknaden kan komma att se ut, svaret på det var att trenden går mot fler och större anslutningar, men också att Svk kan komma med nya riktlinjer kring reserverad kapacitet i batterierna under nästa år. Hur laddning av batterierna ska gå till, och batteriernas plats i nätet (ska de ta plats eller ge plats?), var också frågor som kom upp. Hur kan man optimera laddningen av batterierna för att de inte ska ta plats i nätet?

Den tredje och förmiddagens sista presentation hölls av Ilijaz Kenjar på Göteborg Energi Nät AB. Han tog upp problematik med höga spänningsnivåer som uppstått i villakvarter i deras lågspänningsnät när mycket solel producerats där. Han berättade också att nätet i det område han pratade om var relativt starkt, och från

ett belastningsperspektiv är nätet överdimensionerat. Så Göteborg Energi hade löst problemet i somras var att manuellt ställa om lindningskopplare för att sänka spänningen på lågspänningssidan av transformatorn, men det poängterades också att detta inte var en optimal lösning då den behövde ställas tillbaka på vinterhalvåret för att klara den belastningen. Kenjar tog upp transformatorer med automatiska lindningskopplare som en potentiell lösning de skulle testa, men berättade också att dessa kostade ca 2-3 gånger mer än en manuell lindningskopplare.

Presentationen möttes med mycket igenkänning från andra nätbolag och konsensus nåddes i att spänningsproblematiken är väldigt närvarande, framför allt i lågspänningsnätet. Utmaningarna med att dimensionera rätt när effektförflödet vänder och klassiska förbrukningsmönster och sammanlagringstal inte längre är applicerbara togs också upp. Lika så problematik med elektrisk utrusning som inte klarar höga spänningsnivåer, trots att det är inom gränsen för vad som är accepterat.

Diskussionen gick sen över i vad man som nätägare har för ansvar att dimensionera nätet för deras kunder ska kunna ansluta och mata nätet med effekt under alla timmar. Vilken möjlighet har man att skriva villkorade avtal, kräva rätt omriktare som kan bidra med reaktiv effektkompensering, eller neka anslutning var frågor som kom upp. Behovet av gemensamma standarder, även på lågspänningssidan, lyftes. Tyskland lyftes fram som ett exempel på land där det ställs krav på lågspänningssidan, det diskuterades om det skulle kunna gå att göra på liknade sätt i Sverige.

Efter detta åts det en gemensam lunch på Gårda Foodmaket, innan Massimo Bongiorno och Anant Narula från Chalmers höll en teknisk presentation, på engelska, om några av de utmaningar som kommer med ökad anslutning av omriktarbaserad generering, och hur Grid forming omriktare skulle kunna fungera som ett alternativ till de typiska Grid following omriktarna. En Grid following omriktare ses ut kraftsystemssynpunkt som en strömkälla, och en Grid forming som en spänningskälla. De presenterade de typiska skillnaderna, och hur de arbetat med att ta fram en metod för att styra Grid forming omriktare utan att nå strömgränsen och återgå till ett Grid following beteende. De betonade att det viktigaste är att man har en struktur som kräver så lite kontroll som möjligt för att undvika problem med kontrollinteraktion. Vidare betonades också avsaknaden av krav-ställning och definiering angående Grid forming kapabilitet, enbart den brittiska och kravställningen och en ENTSO-E-rapport tar upp Grid forming. På frågan om man trodde att alla omriktare i framtiden ska vara Grid forming omriktare var svaret nej, det finns ingen mening med att alla byts ut, men i många fall kan det vara rimligt.

Föreläsningen om Grid forming/Grid following höll en hög teknisk nivå, men majoriteten av deltagarna verkade ändå nöjda med inblicken det gav i vad Grid forming är, och att det inte nödvändigtvis kommer att lösa alla de problem som diskuterats.

Henrik Hemark från DNV höll en presentation där han gick igenom vad som gäller kring EUs förordningar, RfG och EIFS, samt vad som händer på det området framöver. Han poängterade EUs mål om att 42,5% av all energi ska vara förnybar

år 2030, och de regler och förordningar som tas fram har för avsikt att underlätta detta. Vidare diskuterades hur t.ex RfG tillämpas olika i olika länder, där hur man väljer att klassa typ A, B, C, D skiljer sig åt väldigt mycket länder emellan, och vissa länder tillämpar krav på feltålighet för överspänningar och andra inte. Detta blir ett problem om en tillverkare vill ha ett "europacertifikat" på en produkt, då kraven ser olika ut i olika länder.

Just nu pågår en revidering av RfG på europeisk nivå, presentationen innehöll en genomgång av de främsta punkterna som ACER POLICY PAPER tagit fram för att informera om inom vilka områden förändringar kan förväntas när revideringen färdigställs, bland annat inkluderade detta; krav på laddpunkter och elektriska fordon, krav på blandade anläggningar (energigemenskaper, generering, förbrukning, lagring), krav på generatorers motståndskraft mot väderrisker.

Något som framför allt diskuterades var kravställningen på kraftparkmoduler av typ A, vilket i Sverige är alla kraftparksmoduler under 1.5 MW. Behovet av att kravställa dessa ytterligare togs upp ACER POLICY PAPER, och hade också tidigare diskuterats i samband med den problematik som identifierats i Kenjars presentation om höga spänningar i lågspänningsnätet. Bristen på tydlighet kring vad som gäller vid anslutning av batterilager togs också upp. Avslutande diskuterades handläggningstiden för att få den nya RfGn på plats, och vilka steg som behöver tas innan allt är färdigt. Mycket beror på hur lång tid det tar innan ENTSO-E kan ställa sina krav, och hur lång tid TSOerna får på sig att tillämpa de kraven i sin nätkod. Vikten av standarder att förhålla sig till under tiden framhölls. Förväntat var även att krav angående Grid forming-omriktare i låg- och mellanspänningsnätet skulle inkluderas i nästa RfG.

Den sista presentationen hölls av Arne Berlin och Alexandra Gardarsdottir på Vattenfall Eldistribution AB respektive Vattenfall AB. De presenterade Innovationsprojektet Mikronätet på Arholma och de utmaningar och lärdomar de ställts inför och fått under projektets gång. Projektet har gått ut på att utveckla nätet på Arholma för att undersöka möjligheten att driva ön i Ö-drift, franskt de överliggande nätet. Funktioner som behövs för att kunna driva nätet i Ö-drift inkluderar; balansering av aktiv och reaktiv effekt för att bibehålla frekvens- och spänningsstabilitet, sömlös övergång från uppkopplat till ö-drift, dödnätsstart om övergången inte blir sömlös samt bibehållen elsäkerhet och fungerade felbortkoppling. De nämnde att en förutsättning för att kunna balansera den aktiva effekten under ö-drift var att kunna reglera ner produktionen från solceller. Vidare krävdes nya lösningar för bortkoppling av lågspänningskunder vid fel, fel som behövde detekteras på ett annorlunda sätt på grund av väldigt låga felströmmar under ö-drift. Detta löstes genom att installera lågspänningsbrytare som under ö-drift ställdes i ett extra känsligt läge för att kunna detektera fel.

Nu pågår arbetet med att ta med sig så många lärdomar som möjligt från projektet genom att utvärdera funktionerna och påverkan de har på mellanspänningsnätet och upplevelsen från kunderna. Presentationen väckte många frågor om hur man kan utnyttja lärdomarna om felbortkoppling, regler och potential för och hos batterilager med mera. I den efterföljande diskussionen togs återigen behovet av smarta regler och en tydlig kravställning upp för att i framtiden kunna utnyttja

gemenskaper, lagring i form av bil och båt batterier och distribuerad produktion på bästa möjliga sätt.

Dagen avslutades med att tacka alla deltagare och ge dem möjligheten att fylla i en utvärdering genom Menti. Efteråt bjöds även alla som medverkade fysiskt med upp till DNVs kontor för efterföljande mingel, ca hälften av deltagarna följde med.

Efter Nätverket har presentationerna mailats ut till samtliga anmälda, tillsammans med en lista över de personer som närvarade på plats.

1.4 REAKTIONER OCH FRAMTIDEN

Av utvärderingen och reaktionerna efteråt framgick att nätverket var väldigt lyckat och många uppskattade möjligheten att kunna dela erfarenheter och diskutera problem. Framför allt framfördes det som bra att det fanns möjlighet att medverka både på distans och på plats, att presentationerna var lagom långa och intressanta samt att det var en bra blandning mellan akademi och industri i diskussionerna. En kommentar var att det fanns en väldigt positiv attityd inför utmaningarna som elnätet står inför.

På frågan om vad som kunde genomförts bättre framgick också att många var nöjda med dagen, men detaljer om hur agendan ska skickas med i mötet, en introduktion av alla deltagare i mötet och senarelagd starttid för att underlätta för långväga deltagare beaktas. Föreläsningen från Chalmers ansågs också hålla en något för hög, teknisk nivå av två personer.

Frågan ställdes också om vad de deltagande vill ta upp på en framtida nätverksträff och de svar som kom in var:

- RfG och EIFS för större anläggningar, typ C och D
- Diskussion om batterier, hur de hanteras regulatoriskt och tekniskt
- Övertoner i elnätet
- Fördjupning i nätkoder, RfG
- Energigemenskaper, drivkrafter och samhällsnytta
- Spänningshållningspunkten var bra. Mer som tar upp systempåverkan från komponenter och nya mönster i förbrukning/nätanvändning.
- Utmaningar med spänning kontra effekt i distribuerade system
- Arbete kring utveckling av standarder. Diskussioner/workshop-format ev nästa steg.

Då intresset var stort och de som deltog nöjda ser DNV att det finns ett intresse för att ordna ytterligare träffar. Ges möjligheten kommer lärdomar från detta nätverk och synpunkter som kommit in i efterhand tas i beaktning.

2 Bilagor

2.1 BILAGA 1: SAMTLIGA PRESENTATIONER



WHEN TRUST MATTERS

Nätverk inom anslutning av distribuerad generering

På uppdrag av Energiforsk

den 20 november 2023

NÄTVERK INOM ANSLUTNING AV DISTRIBUTERAD GENERERING

Den 20 november 2023 anordnades ett nätverk med temat Anslutning av distribuerad generering där verksamma inom branschen fick möjlighet att träffas, lyssna på och diskutera problem, utmaningar och lösningar kopplade till anslutning av distribuerad generering. Dagen var mycket uppskattad, både av personer som medverkade på plats och som deltog via Teams.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.



Energiforsk