

ELNÄTENS DIGITALISERING OCH IT-SÄKERHET

SLUTSYNTES

RAPPORT 2022:896



Elnätens digitalisering och IT-säkerhet – slutsyntes

ISBN 978-91-7673-896-2

© Energiforsk november 2022



ORDFÖRANDE HAR ORDET

Den här slutsyntesen ger en populärvetenskaplig beskrivning av alla resultat från forskningsprojekt som har genomförts inom programmet Elnätens digitalisering och IT-säkerhet. Programmet, som nu går mot sitt slut, har pågått under fyra år, samtidigt som vi sett hur branschen fortsatt förändrats i snabb takt. Kraven på att möta behoven av förändring och utveckling har bara ökat.

Projekten inom programmet spänner över en rad olika områden. Totalt så är det ett 20-tal projekt som har genomförts.

Ett av dem är Baselinemetoder för flexibilitetsprodukter, där resultatet kan användas som ett stöd för hur aktörer ska arbeta vidare med val av metod för olika marknader av flexibilitet.

Inom programmet finns flera nätverk som många företag har valt att gå med i för att ta del av relevanta forskningsresultat, mötas och utbyta erfarenheter med kring liknande frågeställningar. Ett av dem är nätverket för cybersäkerhet. Det startades 2020 för att stärka kunskapen om IT-säkerhet hos både små och stora aktörer inom energisektorn. Här kan företagen utbyta information om incidenter och lösningar.

Syntesen ger en möjlighet att få en övergripande bild av resultaten från de olika projekten. Den kan även vägleda och bjuda in till fördjupning genom att läsa mer i respektive forskningsrapport. Alla rapporter finns tillgängliga att ladda ner från webben. Ett viktigt mål inom programmet är att sprida resultaten så att de kan komma till nytta. De flesta resultat har också presen-

terats av utförarna själva vid något av de två seminarier som genomförts inom ramen för programmet. Inspelningarna från seminarierna finns på webben och är möjliga att se i efterhand.

Behovet av el kommer att öka enormt framöver, och elektrifieringen påverkar så gott som alla delar i samhället. Ett mer effektivt sätt att använda el kommer att vara nyckeln för att lyckas! Elektrifiering, en ökad mängd elbilsladdning, det stora behovet av utbyggd laddinfrastruktur, flexibilitet och kapacitetsutmaningar är exempel på viktiga områden att jobba vidare med inom branschen.

I det nya programmet Elnätens hållbara digitalisering och teknikutveckling som nu tar vid, finns möjligheter att fortsätta analysera vad digitalisering och ny teknik kan bidra med. I kommande etapp kommer vi också att fokusera ännu mer på att hållbarhetsaspekter beaktas i projekten.

Det är många företag som med stort engagemang, hög kompetens och med stöd från Energiforsk, referensgrupper och programstyrelsen ligger bakom resultaten.

Ett stort tack till alla som möjliggjort de fina resultaten inte minst till den engagerade programstyrelsen!



Kristina Nilsson, Ellevio
Ordförande
Elnätens digitalisering och IT-säkerhet

INNEHÅLL

Ordförande har ordet	3
Forskning om elnätens digitalisering.....	5
Elnätens autonatisering – mänsklig tillit i fokus	6
Baselinemetoder som underlättar handel med flexibilitet	7
Nätverk för utbyte av nätdata	8
Flexibilitetsresurser hos nätbolag och slutkunder.....	9
Nätverket som håller branschen uppdaterad om kraftsystemet	10
Nätverk för ökad kunskap om cybersäkerhet.....	11
Smarta elnät i Sverige	12
Mer kunskap om digitaliserade och resurseffektiva elnät	13
Beteendemönster hos konsumenter.....	14
Blockkedjeteknik kopplar ihop privatproducerad energi till elnätet	15
AI skapar nya möjligheter att åtgärda elkvalitetsstörningar.....	16
Unik lösning förutspår begynnande fel	17
Smarta elmätare för förnybar energi.....	18
Effektiv och säker drift med DLR	19
Hållbar digitalisering av energisektorn.....	20
Rättvis prissättning för elnätskunden	21
Smart integration av elnät, mikronät och datacenter	22



”Det finns ett stort behov av nya digitala lösningar där IT-säkerheten beaktas för att vi ska kunna hantera nya utmaningar för elnäten.”

Susanne Stjernfeldt

FORSKNING OM ELNÄTENS DIGITALISERING

Vi är nog alla på det klara med att elektrifieringen är på stark frammarsch, inte minst inom industrin och transportsektorn för att möta våra klimatmål. Ett väl utbyggt och fungerande elnät är en förutsättning för transportsektorns elektrifiering, utbyggnaden av förnybar elproduktion och energiomställningen i industrin och samhället i stort.

Det finns ett stort behov av nya tekniska och digitaliserade lösningar för att vi ska kunna hantera nya utmaningar för elnäten. Programmet Elnätens digitalisering och IT-säkerhet har varit en av våra mest populära satsningar bland våra intressenter; elnätsbolag, tillverkande industri, myndigheter och intresseorganisationer, vilket självklart är jätteroligt.

Så här i slutet av programperioden är det tydligt att våra mål som vi hade vid uppstarten av 2018 har realiserats:

Vi har levererat projektresultat som besvarat de frågor som programstyrelsen identifierade som viktiga och vi har kommit fram till många intressanta och viktiga slutsatser som du nu ska få ta del av på de följande sidorna.

Nu ser vi fram emot fyra nya givande år i den nya uppdaterad programperioden: Elnätens hållbara teknikutveckling och digitalisering. I den här etappen har vi breddat vårt fokus och efterlyser fler relevanta teknik- och digitaliseringsorienterade projekt som är viktiga för en hållbar energiomställning.

Susanne Stjernfeldt, Energiforsk
programansvarig för
Elnätens digitalisering och IT-säkerhet

Programstyrelsens medlemmar

Kristina Nilsson, Ellevio ordförande
Arne Berlin, Vattenfall Eldistribution
Svante Nygren/Hampus Bergquist, Svenska kraftnät
Patrik Björnström, Sveriges Ingenjörer (Miljöfonden)
Ferruccio Vuinovich, Göteborg Energi
Teddy Hjelm/Per-Olov Lundqvist, Gävle Energi (Elinorr)
Torbjörn Solver, Mälarenergi vice ordförande
Magnus Sjunnesson, Öresundskraft
Peter Ols, Tekniska Verken i Linköping

Adam Nilsson/Thorsten Handler, Jämtkraft
Magnus Brodin, Skellefteå Kraft
Johan Örnberg, Umeå Energi Elnät
Peter Addicksson, HEM
Jesper Bjärvall, Karlskoga Energi
Malin Wallenberg, VB Energi
Claes Wedén, Hitachi Energy Sweden
Katarina Porath, ABB
Björn Ållebrand, Trafikverket
Anders Fredriksson/Matz Tapper, Energiföretagen Sverige



ELNÄTENS AUTOMATISERING - MÄNSKLIG TILLIT I FOKUS

Smarta elnät, det vill säga automatiserad styrning av elanvändning, skulle möjliggöra en mer effektiv energiförbrukning och ett framtida hållbart energisystem i enlighet med Agenda 2030. Men har svenska hushåll tillit nog för att hantera den genomgripande förändring av samhällets elanvändning som omställningen skulle innebära?

Vilka risker upplevs av privatpersoner och aktörer inom energisektorn när det kommer till omställningen mot ett mer automatiserat elsystem? Vilken kontroll skulle människor uppleva att de har över sina hushålls elsystem om de automatiserades? Vilka konsekvenser kan låg respektive hög tillit till ett automatiserat elnät resultera i?

Frågorna ovan var centrala när Cecilia Katzeff, Helena Strömberg och Hanna Hasselqvist undersökte den mänskliga tillitens roll till elnätens automatisering. Deras förstudie, TRUSTnEnergy, finns nu slutredovisad i en rapport där framförallt tre typer av risker identifierades: ekonomiska risker, förlorad kontroll och säkerhets- och integritetsrisker. Resultaten från intervjustudien visar också att den största fördelen som upplevs med en automatiserad elanvändning är den ekonomiska nyttan.

Förstudien består av tre delar: en litteraturstudie av forskning om hushållens tillit till smarta elnät, en litteraturstudie av forskning om tillit till automatiserade fordon (kunskapen är överförbar), samt en intervjustudie av aktörer inom automatisering av elnätet och hushåll som har automatisering i sin bostad.

– Tillit är centralt i vårt demokratiska samhälle. Vi är beroende av tillit i våra mellanmänskliga relationer

såväl som i val av politiker och den teknik vi använder i vår vardag. Syftet med projektet var att belysa vilken roll mänsklig tillit spelar i omställningen till smarta elnät, med särskilt fokus på automatiserad styrning av elanvändning, säger Cecilia Katzeff, projektledare.

Unikt för smarta elnät

En utmärkande egenskap hos smarta elnät är att de använder informations- och kommunikationsteknik för att hantera efterfrågan och leverans av el. Det möjliggör så kallad efterfrågeflexibilitet, vilket innebär möjligheten att påverka elanvändningen, som att minska förbrukningen när elnätet är hårt belastat, eller att öka förbrukningen när elpriset är lågt till följd av god tillgång.

– När de smarta elnäten införs fullt ut innebär de en genomgripande förändring av samhällets elanvändning, säger Cecilia Katzeff.

TRUSTn Energy – en förstudie av sociala aspekter på tillit i framtidens energisystem, 2022:866

Utförare: Cecilia Katzeff, Helena Strömberg, Hanna Hasselqvist



BASELINEMETODER SOM UNDERLÄTTAR HANDEL MED FLEXIBILITET

Ökad elektrifiering och en ändrad produktionsmix medför nya utmaningar för elnätsföretagen. En ny rapport visar på metoder och principer som kan användas för att utvärdera flexibilitet på ett effektivt och transparent sätt

Yalin Huang och Lucas Thomée på DNV har på uppdrag av programmet Elnätens digitalisering och IT-säkerhet tagit fram rekommendationer för flera olika baselinemetoder, alltså metoder för att kvantifiera flexibilitet. Med en fastställd baseline får flexibilitetsköpare, -leverantörer och -ägare större säkerhet och enighet kring kvantifieringen av levererad flexibilitet. Samhället får också en ökad insyn i kompensationsprocessen och flexibilitetsmarknadens effektivitet ökar.

Utvärdering av flexibilitet

För att vid handel med flexibilitet kunna bedöma om överenskommen mängd flexibilitet har levererats, samt för att ge transparens, används ofta en så kallad "baseline". I projektet definieras en baseline som en prognos över hur flexibilitetsleverantörens produktion eller konsumtion skulle ha varit, ifall flexibilitetstjänsten inte hade aktiverats. Ett väl genomtänkt val av baselinemetod kan göra det möjligt för ägaren av en flexibilitetsresurs att utvärdera sin flexibilitet.

Bedömningskriterier

Utvärderingen bygger på att varje baselinemetod bedöms utifrån några bedömningskriterier som DNV tagit fram tillsammans med referensgruppen. Bedömningskriterierna prioriteras och viktas för olika typer av produkter eller marknader. Vid betygssättningen bedöms produktparametrar, aktiveringsfrekvens och typisk leveransperiod, och parametrar relaterade till metoden, som komplexitet och datavolymer.

Målet är att rapporten ska kunna användas som stöd när intressenter ska välja vilken baselinemetod som ska tillämpas, berättar Yalin Huang på DNV:

– Ett väl genomtänkt val av baselinemetod kan göra det möjligt för ägaren av en flexibilitetsresurs att, eventuellt med hjälp av aggregatorn, värdera sin flexibilitet kvantitativt. Det bidrar även till att minska osäkerheten för flexibilitetsköparna samt till att öka transparensen i avräkningen.

Viktig metodologi

Yalin Huang tycker att ett av de viktigaste resultaten i projektet är den metodologi som tagits fram för att utvärdera baselinemetoder för olika marknader av flexibilitet:

– Ett annat viktigt resultat är de rekommendationer för baselinemetoder som vi tagit fram enligt information vi har fått från flexibilitetsaktörer, bland annat flexibilitetsleverantörer, marknadsplatser och flexibilitetsköpare.

Bra verktyg vid valet av baselinemetod

– Det viktigaste resultatet jag ser i projektet är att rapporten kan hjälpa olika aktörer att välja rätt baselinemetod utifrån deras resurs och marknad där flexibilitetsresursen ska säljas, säger Lucas Thomée.

Baselinemetoder för flexibilitetsprodukter, 2022:826

Utförare: Yalin Huang, Ylva Hawkins och
Susanne Aceby



NÄTVERK FÖR UTBYTE AV NÄTDATA

Nätverket CIM CGMES är en plattform för representanter i kraftbranschen som vill utbyta erfarenheter och få information om nyheter inom de olika standarderna för CIM (Common Information Model).

För att inte överbelasta nätet och för att det ska finnas marginaler för fel som skulle kunna orsaka elavbrott och högre elpriser, har EU implementerat ett antal standarder som ställer krav på aktörer inom kraftsystemet på hur utbyte av nätdata ska ske för att tillse säker och effektiv drift av nätet.

För att tillse säker och effektiv drift av nätet har den europeiska stamnätskoordinatören skapat ett paket av standarder som går under benämningen CIM (Common Information Model), samt CGMES som är ett mindre paket med ett avgränsat urval av de standarder som ingår i CIM.

Lägger grund för framtida utbyte av nätdata

CIM nätverksträffar projektleds sedan tre år tillbaka av Simon Lindroth från Sweco tillsammans med Lars-Ola Österlund från Brolunda Consulting. Nätverket riktar sig till elnätsföretag, myndigheter, leverantörer, universitet och högskolor. Genom nätverket skapas en bättre grund för framtida utbyte av nätdata i branschen.

– Standarder kan vara ganska svåra att ta till sig, och det kan vara svårt att förstå hur och vad man ska göra med dem, och det var därför som CIM-nätverket startades ifrån första början, för att de som är berörda ska kunna utbyta kunskap och erfarenheter, berättar Simon Lindroth.

Träffarna sker ungefär två gånger om året med drygt 40 deltagare. Nätverket ger deltagarna möjlighet att mötas över organisationsgränser för att utbyta kunskap och erfarenheter. Simon Lindroth menar att den största vinsten med träffarna är interaktionen mellan deltagarna.

Mer kunskap om CIM behövs

Kunskapen om CIM har länge varit låg och behovet av att diskutera och utbyta erfarenheter har varit stort. CIM-nätverket har därmed fyllt en viktig roll genom att vara en arena för sådant kunskapsutbyte.

– Det känns som nätverket har blivit mer etablerat, men det finns många fler som skulle kunna dra nytta av det. Det skulle vara bra om information om nätverket kunnat finnas med på andra utskick i branschen. På så sätt kan vi nå ut bättre och locka in fler personer som är svåra för oss att nå.

CIM nätverksträffar

Ger ut en årlig rapport, se energiforsk.se

Utförare: Simon Lindroth



FLEXIBILITETSRESURSER HOS NÄTBOLAG OCH SLUTKUNDER

Efterfrågeflexibilitet är en av pusselbitarna för att möta de utmaningar som förnyelsebara och därmed intermittenta energikällor ställer på det framtida elnätet. Men dagens nätbolag har inte tillräcklig insyn om hur den flexibilitet som finns tillgänglig kan realiseras.

Om Sveriges elproduktion ska vara 100 procent förnyelsebar år 2040 behöver det svenska elnätet snabbt anpassas. Att nyttja flexibiliteten hos elkonsumenter är en av pusselbitarna för att kunna möta utmaningar i det framtida elnätet.

Flexibilitet hos nätbolagens kunder

I det här projektet har flexibiliteten hos nätbolagens privatkunder undersökts, och i viss mån även hos andra större brukare. Undersökningen innehåller också fakta om vad som konkret krävs för att den flexibiliteten ska kunna tillgodogöras nätet.

Ta tillvara erfarenheter

Det krävs mer kunskap för att få till lösningar med efterfrågeflexibilitet i större omfattning, menar Susanne Aceby, som är en av projektledarna:

– Sverige består av många distributionsbolag i olika storlekar som alla har olika förutsättningar. Det är viktigt att ta tillvara på erfarenheter och kunskap som finns kring flexibilitet och praktiska lösningar för att få en så bra, heltäckande bild som möjligt av vad som krävs och behövs – och sen är det viktigt att sprida denna kunskap till branschen.

Beskrivning och lösningar

Resultatet av projektet är en övergripande beskrivning av lösningar tillsammans med de krav som ställs på

datakommunikation och nätstyrning. Risker kopplade till IT, ekonomi, samt extern och intern ansvars- och rollfördelning har identifierats, tillsammans med de utmaningar som finns i samband med implementering.

Aktivering av flexibilitet

Projektet har även beskrivit olika möjligheter för att aktivera flexibiliteten, vad som triggar aktiveringen, samt vikten av att tydliggöra vilka roller olika inblandade aktörer har.

Digitalisering för efterfrågeflexibilitet har projektlets och utförts av Susanne Aceby tillsammans med huvudutförare David Zagerholm och expert Christopher Wiig. En referensgrupp var kopplad till projektet med representanter från nätbolagen Göteborg Energi, Vattenfall, Öresundskraft och Uppsala Universitet som bidrog med sina erfarenheter och frågor kopplade till efterfrågeflexibilitet.

Digitalisering för efterfrågeflexibilitet.
2022:737

Utförare: David Zagerholm, Susanne Aceby och Christopher Wiig



NÄTVERKET SOM HÅLLER BRANSCHEN UPPDATERAD OM KRAFTSYSTEMET

IEC61850-standarden medför många fördelar som sänkta konstruktionskostnader och möjlighet att samarbeta mellan olika elkraftssystemens kontroll- och skyddssystem. Men i takt med att teknologin utvecklas, utvecklas även standarden. Ett forum för kunskaps- och informationsspridning är därför av stor vikt för att hålla branschen uppdaterad.

IEC61850-nätverket är en samlingsplats för kraftbranschens intressenter som nätägare, produktleverantörer, systemintegratorer, underhållsentreprenörer och högskolor. Målet med träffarna är att öka informationsutbytet och samförståndet kring utvecklingen av kraftsystems kontrollanläggningsinfrastruktur baserad på IEC61850-tillämpningar, till exempel genom:

- Rapportering från standardiseringsarbetsgrupper
- Projekterfarenheter från stationsbyggnation
- Utvecklingen inom testning och prövning av kontrollanläggningar
- Produktpresentationer från olika tillverkare
- FoU-trender från akademiska representanter

Internationell standard

IEC61850 är en internationell standard som redogör och rapporterar för den kommunikation, den data, som förs över mellan olika utrustningar i en transformatorstation. Exempel på utrustning är skydds-, kontroll- och mätutrustning, samt intelligenta elektroniska enheter (IED).

Strategisk utveckling

Idag är IEC61850 en del av den strategiska utvecklingen av nätbolagens infrastruktur till exempel vid genomförande av stationsprojekt, vid modellering av anläggningar inom förnybara energikällor, och vid uppbyggnation av stationer med bus-baserad kommunikation. Fördelarna med standarden är många, till exempel möjliggör den att:

- Kostnader minskar för bland annat konstruktionstid, installation och prövning
- Utrustning kan integreras från flera tillverkare och möjliggör samarbete eftersom flera system har tillgång till samma data, vilket resulterar i att kommunikation förenas och undviker behovet av enskilda kommunikationsprotokoll mellan system, att installations- och underhållsprocesser förbättras.

Nätverket startades 2008 och har haft två träffar per år. Florin Stelea på DNV Sweden är projektledare och har arbetat med projektet i många år tillsammans med flera kollegor såsom Maria Fagersund, Muneedn Choudhry, och Elin Rubensson.

– IEC61850 har funnits i 20 år och revideras nu för tredje gången eftersom det har hänt mycket inom teknologin och sättet att modellera information. Nätverket har bidragit med att hålla medlemmarna informerade och involverade om de förändringar som revideringarna innebär. Är man inte med i ett nätverk som vårt, kan det vara svårt att få information om förändringar, säger Florin Stelea.

IEC61850

Ger ut årliga rapporter, se energi.se

Utförare: Florin Stelea



NÄTVERKET FÖR CYBERSÄKERHET

En cyberattack mot energisektorn skulle kunna äventyra Sveriges energileverans och hota kunders integritet. I takt med att energisektorns digitaliseras ökar också hotet om cyberattacker. Därför måste kunskaperna hos elnätsbolag stärkas.

Mathias Ekstedt, professor i industriella informations- och styrsystem på KTH i Stockholm, är koordinator för Energiforsks Nätverk för cybersäkerhet som startades 2020. Nätverket riktar sig mot aktörer inom energisektorn och i synnerhet elnätsbolag som vill öka sin allmänna kunskap om cybersäkerhet.

– Kompetensbristen kring cybersäkerhet i energisektorn är stor och Sveriges motståndskraft är sämre än vad vi skulle önska i dagsläget, säger Mathias Ekstedt.

Erfarenhetsutbyte om incidenter

På nätverksträffarna får medlemmar utbyta erfarenheter om incidenter, best practice-lösningar, leverantörer, produkter och diskutera lagar och direktiv. Externa talare bjuds in för att ge ett bredare perspektiv, bland annat har talare från MSB och ABB medverkat. Nätverket har även initierat en utredning om lagar och förordningar på området för att underlätta för medlemmarna.

Riktar sig mot bolag i alla storlekar

Det finns andra liknande nätverk med samma syfte och målgrupp, men som enbart riktar sig mot större bolag. Det som gör Energiforsks nätverk för cybersäkerhet unikt, är att det riktar sig mot bolag i alla storlekar.

– Det är viktigt för den svenska energiomställningen eftersom Sverige består av många mindre nätbolag och energiproducenter, säger Mathias.

Tydligare struktur krävs

Nätverkandet och kunskapsutbytet mellan medlemmarna ser Mathias Ekstedt som det viktigaste resultatet av projektet:

– Vårt nätverk är en typ av utbildning på området, men det behövs också mer utbildning för att tillgodose det behov vårt samhälle har att bygga och upprätthålla motståndskraftiga system.

– Det behövs en tydligare struktur kring cybersäkerhet: vilka ansvarsområden finns, vem gör vad under en cyberattack? Hur följer vi upp? Vilka tekniska och ekonomiska resurser har vi för att hantera en attack? Det borde jobbas mer med de här frågorna, säger Mathias.

Nätverk för cybersäkerhet

Ger ut en årlig rapport, se energiforsk.se

Utförare: Mathias Ekstedt



SMARTA ELNÄT I SVERIGE

På uppdrag av Forum för smarta elnät, gjorde Energiforsk under 2018 och 2019 en kartläggning av projekt inom området smarta elnät i Sverige.

Målsättningen med kartläggningen var att identifiera projekt runt om i Sverige som på ett eller annat sätt kunde bidra till effektiviseringen av elnätet, och göra samhället bättre rustat för framtida utmaningar. Utmaningar som ökad elanvändning, minskad möjlighet att planera produktion, mindre marginaler i överföringskapacitet och nya mönster i användningen av el.

–I arbetet med att identifiera intressanta projekt har Energiforsks kontaktnät varit en viktig källa. I urvalet har vi eftersträvat att presentera tydligt definierade projekt. Tolkningen var i enstaka fall generös, för att fånga upp intressanta initiativ, berättar Lennart Kjellman som var projektledare.

90 projekt

Under arbetet identifierades ungefär 90 projekt. Av dessa 90 studerades 32 projekt närmare, vilket utmynnade i fördjupande beskrivningar som publicerades på Forum för smarta elnäts webbplats.

–En av de tydligaste slutsatserna som går att dra av kartläggningen är den diversitet som finns bland aktörer och konstellationer av aktörer i projekten. Även om många av projekten innehåller en eller flera nätaktörer, så är det tydligt att det smarta elnätet är en angelägenhet också för andra sektorer i samhället. Bland dem som ligger bakom projekten finns till exempel bostadsbolag, parkeringsbolag, forskningsinstitut, högskolor, kommuner, elhandelsbolag, transportbolag och mjukvaruutvecklare.

Många kunniga aktörer

– Trots att det är nätägaren och dess teknikleverantörer som står för hårdvaran och själva nätet, finns det en flora av aktörer som har identifierat aspekter av elsystemet där de kan vara delaktiga, säger Lennart Kjellman och fortsätter:

–Diversiteten i de projekt som identifierades visar på att det finns ett brett samhällsintresse av att elnätet också i framtiden ska vara stabilt och leverera de nyttor samhället har behov av. Elnätet är inte en angelägenhet bara för dess ägare, utan för hela samhället. Oaktat detta, så är elnätsägarna de enskilt viktigaste aktörerna och kommer att vara det även framöver, eftersom de äger och drifvar infrastrukturen. Det finns en eller flera nätägare med i de allra flesta projekten, men det finns i flera fall utrymme för dem att på ett tydligare sätt ta en ledande roll.

Smarta nät i Sverige – Kartläggning av projekt inom smarta elnät

Rapporten publicerades 2019 på webbplatsen för Forum för smarta elnät.



MER KUNSKAP OM DIGITALISERADE OCH RESURSEFFEKTIVA ELNÄT

Energiomställningen innebär nya utmaningar för elnätsbolagen vilket ställer krav på nya digitala lösningar. Power Circle har kartlagt hur långt elnätsbolagen har kommit i digitaliseringen.

Nätbolagen behöver få en bättre insyn i näten för att förstå hur den befintliga nätkapaciteten kan användas, planeras och underhållas på bästa sätt. Men mer kunskap behövs för att bolagen ska kunna utnyttja efterfrågefleksibiliteten till fullo.

– Vi vill medverka till att sprida den kunskap som finns om digitalisering och se till att alla elnätsföretag, oavsett storlek, har bättre förutsättningar för omställningen, säger Elham Kalhori från Power Circle, som är projektledare.

Kunskap till elnätsbolagen

Målet med projektet DigiGrid – digitaliserade och resurseffektiva nät var att säkerställa att den kunskap som finns kring digitalisering för smarta elnät kommer framförallt elnätsbolagen till godo, samt att kartlägga var svenska elnätsföretag befinner sig på digitaliserings-skalan idag.

– Vi har genom en enkätstudie gjort en kartläggning över hur elnätsföretagen tänker om digitalisering: vad begreppet innebär för dem, vilka nyttor som varit mål med deras digitaliseringsinsatser, vilka hinder de stött på och vilka resurser som är kritiska för att komma framåt i arbetet, säger Elham.

– Dessutom har vi gjort nedslag i olika sorters användarfall som identifierats som intressanta för nätföretagen, för att beskriva vad som behövs - från hårdvara till mjukvara och mätvärden - för att implementera lösningarna.

Digitaliserade elnät - vad innebär det?

Frågan om vad digitaliserade elnät verkligen innebär har regelbundet kommit upp under projektets gång.

– Det finns det en skillnad mellan digitalisering och datorisering, där det senare avser digitalisering av komponenter i elsystemet medan digitalisering mer är en fråga om verksamhetsutveckling. Av enkätstudiens resultat att döma skulle jag säga att flertalet elnätsföretag idag blir mer och mer datoriserade, medan det är en bit kvar till verklig digitalisering, säger Elham.

Kompetensförsörjning central

Genom kartläggningen har det också framkommit att kompetensförsörjning blir avgörande för digitaliserings framfart.

– Enkäten har gett oss insikt i vilka kortsiktiga och långsiktiga nyttor som företagen ser med digitaliseringen, och vilka resurser som är kritiska för att företagen ska kunna uppnå nyttorna. Majoriteten av svaren handlar om att ha rätt kompetens - helst ska den vara en mix av domänkunskap inom både elkraftteknik och IT/systemutveckling. En slutsats vi drar av detta är att det kommer bli viktigt med utbildningstillfällen för de olika yrkesbakgrunderna för att kunna landa i sådan nischkompetens, säger Elham Kalhori.

DigiGrid – Digitaliserade och resurseffektiva elnät
2022-895

Utförare: Elham Kalhori, Jesper Werneskog,
Johanna Barr och Anna Wolf



BETEENDEMÖNSTER HOS KONSUMENTER

Med tillgång bättre beteendemönster av konsumenters elförbrukning kan nätplanering och den framtida dimensioneringen av mikronät kostnadseffektiviseras. Men det behövs smartare mätare av svenska hushålls elförbrukning för att detta ska bli verklighet.

Idag finns inga noggranna modeller av konsumenters elektriska karaktäristik. En orsak till detta är att konsumenter inte är skyldiga att informera sina nätoperatörer om vilken typ av uppvärmningssystem som de använder eller om de vidtar några energieffektiviserade åtgärder. Detta leder till låg kundkännedom vilket i sin tur leder till osäkerhet vid planeringsbeslut, som till exempel vid utvärdering om att uppgradera distributionsnätet för att kunna tillgodose fler konsumenter med förnybar energi.

Svårt att få tag i data

– Min generella bild är att det är svårt att få tag på data till den här typen av forskning vi som bedrivit, och det beror på GDPR och synen på hur man får dela med sig av data. Detta är ett problem i andra liknande forskningsprojekt, vilket är problematiskt eftersom resultatet blir att nätbolag inte kan göra lika bra planeringsbeslut, säger Kristoffer Fürst.

Elförbrukning i lokalnät

Projektet Digitaliseringsbaserad konsumentkaraktärisering för intelligent distributionsplanering har utförts av Kristoffer Fürst och projektlets av Peiyuan Chen från Chalmers. Projektet fokuserar på kategorisering och modellering av elförbrukning från konsumenter i ett lokalnät. Genom att analysera data från smarta elmätare på timbasis samt från meteorologiska-och fastighetsmyndigheter, har en modell utformats. Modellen är avsedd att uppskatta den aggregerade topplasten i lokalnätet, alltså när det är som högst elförbrukning, och förändringen i topplasten om konsumentbeteendet ändras eller nya konsumenter ska anslutas till lokalnätet.

Med förnybara energikällor kommer det att uppstå nettoöverskott- och underskott av energi i lokalnäten. Utan lagringstekniker innebär detta effektförluster. En alternativ lösning är att sammankoppla lokala nät genom elektroniska omvandlare. Genom att sammankoppla lokalnät kan effektförlusterna och topeffektutbytet mellan lokalnäten och överliggande nät minskas vilket skulle reducera behovet av att expandera transformatorstationens storlek.

Elektrisk karaktäristik

För att kunna bedöma och kvantifiera fördelarna med gemensam drift av två eller flera intelligenta lokala nät är det därför viktigt att förstå och prognostisera den elektriska karaktäristiken hos konsumenter, producenter och prosumenter inom dessa lokala nät. För att göra det behövs en storskalig utbyggnad av smarta mätare i svenska hushåll.

Modellen för konsumentklassificering som vi utformat skulle kunna implementeras av företaget på en gång. Däremot är den undersökning som vi gjort begränsat till bara tre typer av uppvärmningssystem, med fortsatt forskning skulle man kunna titta på fler uppvärmningssystem vilket skulle göra modellen ännu mer användningsbar, avslutar Kristoffer Fürst.

Digitaliseringsbaserad konsumentkaraktärisering för intelligent distributionsplanering
2021-729

Utförare: Kristoffer Fürst, Peiyuan Chen



BLOCKKEDJETEKNIK KOPPLAR IHOP PRIVATPRODUCERAD ENERGI TILL ELNÄTET

Ny blockkedjeteknik skulle kunna lösa en snabb, säker, tillförlitlig och effektiv distribution och sömlös integration av ny produktion till elnätet. Jianguo Ding och Yohannes Tadesse Aklilu utvecklar modellen som kan förverkliga detta.

Produktionen och distributionen av elektrisk energi har växt snabbt de senaste åren. Medan traditionella kraftkällor som fossila bränslen och vattenkraft kräver en enorm investering på statlig eller företagsnivå, så växer intresset över hela världen bland privatpersoner och småföretag att producera egen, lågspänningsproduktion, till exempel med solpaneler.

Det är önskvärt att integrera produktionen och distributionen av dessa lågspänningskrafter tillsammans med traditionella elnät för att skapa ett gemensamt och säkert kraftdelningssystem. Men idag saknas teknologin för att genomföra detta.

Saknar resurser för att spara och lagra energi

I Sverige är det många som producerar sin egen el vilket är positivt eftersom andelen förnybar energi ökar. Däremot har privatpersoner inte resurser eller tekniker för att spara och lagra energi vilket och mycket går förlorat, till exempel på sommaren för de som äger solceller.

– Det här är inte bra varken ekonomiskt eller miljömässigt, därför försöker vår modell minska energiförlusten, säger Jianguo Ding, utförare i programmet.

Samordning och styrning av el mellan producenter

Tillsynsmyndigheter är intresserade av att identifiera olika tekniker för att samordna och styra el mellan de olika energiproducenterna.

Projektet *Blockchain based production and distribution controls of smart grids* har utvecklat tillvägagångssätt, baserade på blockkedjeteknik, för att säkra informationsflödet vid energiproduktion och distribution genom att utbyta data enkelt, snabbt, säkert, tillförlitligt, exakt och effektivt.

Koppla ihop energiproducenter med blockkedjeteknik

I det här projektet har forskarna undersökt hur blockkedjeteknik kan användas för att koppla ihop energiproducenter, men det behövs mer forskning kring integrationen och mer teknisk utveckling.

I framtiden kan nya applikationer utvecklas baserade på energiblockkedjesystemet, till exempel för att stödja elfordon och fri energihandel. säger Jianguo Ding.

Blockchain-based production and distribution controls of smart grids
2022-888

Utförare: Jianguo Ding och Yohannes Tadesse Aklilu



AI SKAPAR NYA MÖJLIGHETER ATT ÅTGÄRDA ELKVALITETSSTÖRNINGAR

Med hjälp av AI kan en fördjupad analys av nätbolags elkvalitetsdata göras, vilket skapar nya möjligheter att åtgärda elkvalitetsstörningar – ett behov som växer sig större i takt med att samhället elektrifieras.

Projektet *Maskinlärning i olika distributionsnät* har applicerat state of art machine learning-metoder för att bättre förstå och överblicka elnätet. Nya digitala lösningar krävs för att säkerställa god elkvalitet (eller Power Quality, PQ). För att skapa lösningarna behöver man utgå ifrån elkvalitetsdata. Idag finns mycket elkvalitetsdata insamlad men effektiv analys av denna saknas. Projektets första mål var därför att skapa en unik metod för klassificering och orsaksidentifiering av elkvalitet. I ett andra steg utfördes en behovsanalys av ytterligare funktioner ska kunna möjliggöras för maskininlärning.

Johan Rådemar på Eneryield och Ebrahim Balouji och Karl Bäckström ledde projektet tillsammans med Göteborg Energi, Härryda Energi, E.ON., Jämtkraft, Vattenfall, ABB och Tekniska Verken. Nätägare bidrog med PQ-data från de mätare de har utplacerade på sina elnät. En behovsanalys genomfördes som indikerade att klassificering och identifiering av grundorsak och mer precis identifiering av riktning för spänningsdippar och transienter är av stort intresse.

– Vi genomförde en maskininlärningsbaserad analys på PQ-datan och lyckades nå resultat med en träffsäkerhet på upp till 99 procent för klassificering, 95 procent för grundorsaksidentifiering och 80 procent för riktningssidentifiering. Det innebär att vi kan säga var en störning sker, varför, och hur vi åtgärdar felet. Det ger en bättre överblick över nätets hälsa helt enkelt, säger Johan Rådemar.

Förutom att klassificera och identifiera grundorsaker och riktningar för elkvalitetsstörningar, identifierar projektet också utmaningar och behov för nätägare.

– Vi har märkt att elnätsbolag som tidigare tvekat inför ny teknik som AI nu är mer villiga att ta till sig den här typen av innovation. Genom att utnyttja den nätinfrastuktur som redan finns och den data som energibolagen suttit inne på i flera år kan vi bli drivande i utvecklingen av ny innovation och teknik i Sverige och globalt, säger Johan Rådemar.

Maskininlärningsmetoderna som projektet resulterade i är alltså möjliga att använda på data från nätägare med hög träffsäkerhet. De nya analysmetoderna har stora möjligheter att bidra till framväxten av ett smartare elnät.

– Även om lösningen har hög träffsäkerhet så behöver metoden förfinas och utvecklas. Arbetet som vi gjorde i det här projektet lade en bra grund för fortsatt utveckling och möjliggjorde att vi kunde spetsa till lösningen i andra projekt, till exempel i Prediktering av begynnande fel i elnät, avslutar Johan Rådemar.

Maskinlärning i olika distributionsnät
2022:691

Utförare: Johan Rådemar, Karl Bäckström, Ebrahim Balouji

UNIK LÖSNING FÖRUTSPÅR BEGYNNANDE FEL



Genom att analysera redan befintlig elkvalitetsdata från elnätsbolag, går det att kartlägga hur mindre avvikelser och störningar leder upp till mer allvarliga fel. Genom att identifiera trender och mönster för begynnande fel på ett tidigt stadie kan underhåll och drift planeras på ett optimalt sätt. Johan Rådemar på Energyield berättar om dataanalysen som gör det här möjligt.

I samband med utbyggnaden av förnybara kraftkällor och fler uppkopplade enheter, som till exempel elbilar, förändras elnätet och står därmed inför stora utmaningar. För att hantera det ökade energi- och effektbehovet behöver elnätet ökad flexibilitet för att trygga en god leveranssäkerhet. Nya digitala lösningar krävs för att säkerställa en pålitlig leverans, men ny teknik kan också vara mer sårbart mot störningar och därmed orsaka nya problem.

– Vi har förhållandevis stabila elnät i Sverige men i takt med att andelen förnyelsebara energislag kommer in i bilden sätts ökad press på elnätet.

Detta säger Johan Rådemar från Energyield som tillsammans med Karl Bäckström, Ebrahim Balouji, Viktor Olsson och Guzal Bulatova har utfört projektet *Prediktering av begynnande fel i elektriska system*.

Elkvalitetsmätning

I projektet har elkvalitetsdata från PQ-mätare (elkvalitetsmätare) stationerade i Göteborg Energis elnät analyserats. Idag finns mycket elkvalitetsdata insamlad, men det saknas en effektiv analys av datan som skulle kunna kartlägga avvikelser och störningar i elnätet.

Mönsterigenkänning och trendanalys

Projektets fokus har varit att maximera nyttan av den data som Göteborg Energi redan hade för att genomföra

analysen, i stället för att installera ny hårdvara eller mätutrustning vilket skulle vara betydligt mer resurskrävande. Med hjälp av en maskininlärningsalgoritm möjliggjordes en effektiv mönsterigenkänning och trendanalys.

– Att kunna veta att ett avbrott kommer att se innebär att vi kan undvika, förebygga och åtgärda problemet. På så sätt får vi mer robusta och pålitliga elnät som bidrar hållbarhetsmålet 7, hållbar energi, och delmålen om oavbruten elleverans till hela världen och utbyggnad av förnyelsebar energi, säger Johan Rådemar.

Unik lösning

Lösningen är helt unik eftersom den möjliggör en bättre överblick av elnätet och dess hälsotillstånd. Maskininlärningsalgoritmen kan förutsäga tiden till nästa störning, vilken typ av störning det kommer att vara och hur allvarliga konsekvenserna kan bli.

– Vi har fått lovande resultat från det här projektet, nästa steg är att fortsätta testa lösningen i fler nät innan vi är redo att gå till produktion.

Prediktering av begynnande fel i elektriska system, 2022:899

Utförare: Johan Rådemar, Karl Bäckström, Ebrahim Balouji, Viktor Olsson och Guzal Bulatova



Smarta elmätare med moderna omriktare skulle öka mängden förnyelsebar energi i samhället utan att behöva förstärka elnäten och utan att riskera spänningsproblem.

Det här projektet fokuserar på att undersöka problematik kring spänningsreglering. Ett problem kring dagen spänningsreglering, som behövs för att stabilisera inkommande spänning så att den blir konstant och jämn, är kombinationen av distribuerad produktion i vissa radialer av ett nät och avsaknad av sådan i andra radialer. Detta driver stora spänningsskillnader och kan göra det svårt att reglera spänningen.

Reaktiv effekt i solceller

Projektet, utfört av Alexander Svensson och projektlett av Daria Madjidian på DNV, har tagit fram en metod som kan korrigerar spänning genom produktion/absorption av reaktiv effekt i solceller. Två exempelnät, ett för tätort och ett för landsbygd, med verkliga data som riskerar eller redan har spänningsproblem, har undersökts. Syftet var att ta reda på ifall metoden kan möjliggöra fler distribuerade solcellsanläggningar, samt vart begränsningarna finns i nätet och när nätet överbelastas.

Större risker i vissa nät

Studien visar att vissa nät löper större risk för höga spänningsskillnader, till exempel områden med mycket solkraft på samma nätstation som områden utan. Den metod som Alexander har utvecklat kan ersätta behovet att i närtid uppgradera nätet på dessa ställen, eftersom metoden kan hålla spänningen nere i områden där den annars hade riskerat att bli för hög. En lösning som är både kostnadseffektiv, kräver mindre resurser och sänker klimatpåverkan.

–Även om alla nät har skillnader mellan sig, så är det är relevant att se var begränsningar typiskt finns. I undersökningarna klarade vi av att öka mängden installerad

solel utan att det blev problem med spänningen i näten, trots att det är väldigt svårt med befintliga metoder. I vissa områden kunde vi till exempel öka effektinmatningen med så mycket som 20-30% över ett helt 400 V nät i extremt ansträngda driftsituationer, säger Alexander Svensson, utförare i projektet.

Koordinerad spänningsreglering

Rapporten tar upp utmaningar och möjligheter med den praktiska implementeringen av koordinerad spänningsreglering. En av de stora utmaningarna är att nätstationer behöver ha rätt utrustning installerad. För att kunna koordinera spänningsreglering behövs ett gemensamt kommunikationsgränssnitt för att styra om spänningen i omriktarna; nya, moderna omriktare klarar av det här, gamla omriktare klarar inte alltid av det. En annan utmaning är cybersäkerhet, framför allt för mindre kraftproducenter. Eftersom de ofta har ett gemensamt tillverkargränssnitt är det lättare att göra intrång i många enheter samtidigt.

– Vår studie har undersökt om det är möjligt att koordinera spänningsreglering på det här sättet, och vi kom fram till att det absolut går att göra. Men metoden behöver förfinas och optimeras innan den kan implementeras i samhället, säger Alexander Svensson.

Koordinerad spänningsreglering
i nät med distribuerad produktion
2021:808

Utförare: Alexander Svensson och Daria Madjidian

EFFEKTIV OCH SÄKER DRIFT AV ELNÄTET MED DLR



Framtidens energisystem, med en större andel varierbar elproduktion, kräver metoder som kan förbättra övervakning och styrning av elnätet. Djup förstärkningsinlärning, eller deep reinforcement learning (DRL), kan användas för att ta fram mer verkningsfulla styrmetoder som kan ge en mer effektiv och säker drift av elnätet.

Det här projektet har tagit fram ett optimeringsbaserat verktyg för realtidsstyrning och kontroll av elsystem. Verktöget ska kunna användas för att möta nya utmaningar som elnätsoperatörer kan komma att möta i ett framtida energisystem som till större del än idag, är baserat på förnyelsebar och varierbar elproduktion. Metoderna bygger på djup förstärkningsinlärning som i det här fallet används för att i realtid föreslå optimerade styråtgärder som leder till en säker och stabil drift av elnätet.

– Förstärkningsinlärning kan göra en stor nytta för det framtida energisamhället. Vi kan till exempel få fram ett bättre övervaknings- och styrsystem för stamnätet, vilket i sin tur kan leda till ökad överföringskapaciteten på elnätet och i förlängningen påverka priset på el, berättar Hannes Hagmar som arbetat som doktorand i projektet under ledning av projektledare Anh Tuan Le.

Förbrukningsflexibilitet

Metoder baserade på djup förstärkningsinlärning kan även användas för att optimera framtida stödtjänster från distributionsnät, exempelvis genom styrning av förbrukningsflexibilitet. Projektet har utvärderat den påverkan som diverse mät- och modellfel har på metodernas möjlighet att styra och avvärja stabilitetsproblem vid större störningar.

–Tyvärr är DRL som metod relativt känslig för mät- och modelleringsfel, och det finns stora utmaningar att verifiera styrmetodernas robusthet under olika driftscenarier. Resultaten visar att när DRL väl fungerar, så fungerar det väldigt bra, samtidigt som prestandan kan försämrast kraftigt av även mindre fel i exempelvis

mätdata. Således har DRL som metod en hög potential, men det finns mycket arbete kvar innan metoderna kan börja användas i faktiska styrsystem, berättar Hannes Hagmar.

Styralgoritmer

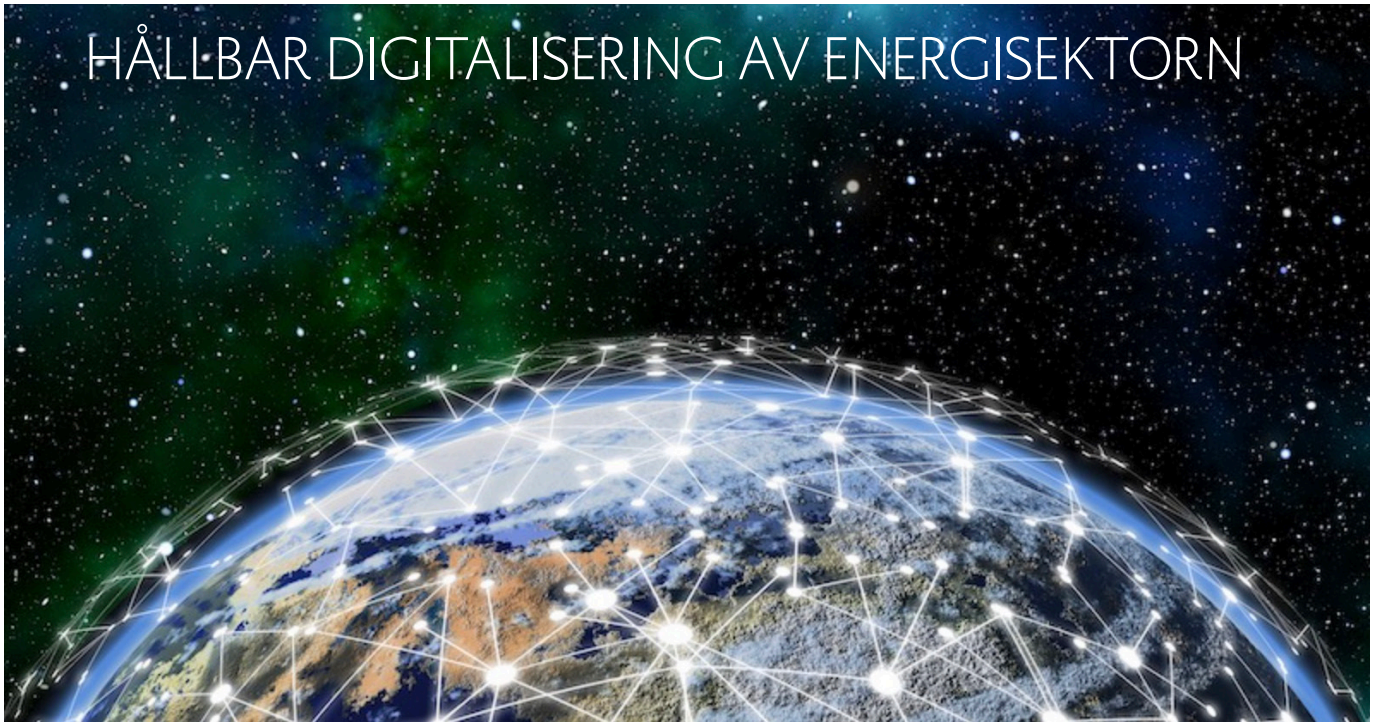
I rapporten beskrivs två styralgoritmer som projektet har utvecklat; en styralgoritm anpassad för förebyggande styrning, samt en anpassad för mer akuta styrproblem. Metoden för förebyggande styrning är anpassad till att man ska kunna vidta styråtgärder i preventivt syfte för att säkerställa att systemet bibehåller tillräckliga säkerhetsmarginaler, så att en säker drift av elnätet kan bibehållas även om större systemstörningar skulle inträffa. Den utvecklade metoden testades på en rad olika drift- och störningsscenarier och visade god prestanda där den utvecklade styralgoritmen lyckades säkerställa tillräckliga säkerhetsmarginaler både snabbt och till en låg systemkostnad.

Metoden för akut styrning är anpassad för styrning då ett större systemfel redan har inträffat och systemet behöver styras tillbaka till ett stabilt driftläge. För att stabilisera elnätet kunde styralgoritmen aktivera framtida tänkta stödtjänster från distributionsnät där exempelvis lastefterfrågeflexibilitet och styrning av energilagringssystem utnyttjades.

Maskininlärningsbaserad realtidsstyrning av förnyelsebara och säkra elkraftsystem 2022-894

Utförare: Hannes Hagmar, Anh Tuan Le

HÅLLBAR DIGITALISERING AV ENERGISEKTORN



Många projekt arbetar relativt strukturerat med hållbarhetsdimensionerna, men det finns utmaningar i arbetet med social hållbarhet. En forskargrupp har utvecklat en modell för hur hållbarhetsarbetet kan ske samt tagit fram flera konkreta förslag på hur hållbarheten kan stärkas framöver.

För att uppnå målen för Agenda 2030 är hållbarhetsarbetet viktigt. För att öka medvetenheten kring hållbarhet och se till att programmet Elnätens digitalisering och IT-säkerhet ska ta hänsyn till och arbeta än mer effektivt med hållbarhet har ett forskarteam tagit fram en mall som ska användas vid projektansökan för att säkerställa att hållbarhet har uppmärksammats inför projektets genomförande. Mallen ska också bidra till att resultatspridning sker så att till hållbara digitala rekommendationer sprids på ett effektivt sätt. Målet med projektet är att främja samarbete kring hållbarhet, digitalisering och energi hos Sveriges alla energislag. Programsatsningen Elnätens digitalisering och IT-säkerhet ska ta hänsyn till hållbarhet genom att tillföra expertkompetens och utbyte av erfarenheter, samt att resultatet och dess spridning ska kunna visa på rekommendationer till projektdeltagare, beslutsfattare och andra intressenter framöver.

Hållbarhetsmodell o bedömningsmall

Projektet har tagit fram en hållbarhetsmodell som utgår från de 17 globala hållbarhetsmålen och bygger vidare på tidigare hållbarhetsmodeller som använts inom digitaliseringsområdet. Intervjuer av medverkande deltagare i pågående samt slutförda projekt hos Energiforsk har också utförts, både för att samla in data kring deras nuvarande hållbarhetsarbete och för att testa relevansen hos den framtagna hållbarhetsmodellen. Den modell som tagits fram innehåller utöver tre hållbarhetsdimensioner även tre analysnivåer samt tre livscykelfaser. Tillsammans utgör dessa ett ramverk för hur hållbarhet

kan analyseras i projekten, vilket har sammanfattats i en konkret bedömningsmall.

– Utifrån de tio intervjuer som genomförts bedömer vi att projekten sammantaget visar på en god förståelse för hållbarhet. Särskilt väl har projekten arbetat med de ekologiska och ekonomiska hållbarhetsaspekterna. Vi ser tyvärr att det brister i arbetet med den sociala dimensionen, berättar Mattias Sandqvist.

Orsakerna till detta är flera tror forskarteamet. De hållbarhetskrav som idag ställs på projekten i ansökningskedet bedöms ha låg påverkan på projektens hållbarhetsarbete. Energiforsk rekommenderas därför väva in hållbarhetsbegreppet på ett tydligare sätt i både ansökningskedet och i programbeskrivningen.

– För att på ett tidigt stadium kunna beakta de olika projektförslagens planer och hållbarhetsförutsättningar, ska kommande programstyrelse få möjlighet att utforma utlysningen och ansökningsmallen med nya hållbarhetskriterier och med uppmaning att beskriva både själva projektarbetet och projektets resultat ur en hållbarhetssynvinkel, berättar Susanne Stjernfeldt, programansvarig.

Hållbar digitalisering inom energiområdet
2022:865

Utförare: Mattias Sandqvist, Samuel Pardon, Kennet Wilhelmsson, Sofia Backlund och Erik Wahlström



RÄTTVIS PRISSÄTTNING FÖR ELNÄTSKUNDEN

Förbättrad ekonomi för elnätsbolagen och en mer rättvis prissättning för elnätskunden – det är ambitionen hos det här projektet som har undersökt de tekniska nätförlusterna i tio elnät på distributionsnivå.

Den totala nätförlusten per år för alla elnätsföretag finns tillgänglig hos Energimarknadsinspektionen. Nätförlusterna skiljer sig åt markant mellan elnätsföretagen vilket bland annat beror på lokala förhållanden men det indikerar troligen att det finns en rejäl besparingspotential hos många elnätsföretag genom att minska deras icke-tekniska nätförluster.

Projektets utformning

Projektet *Nätförluster i olika distributionselnät och IT-säkerhetsaspekter* ger en grund för detektering av icke-tekniska förluster samt IT-säkerhetsproblem relaterade till slutkundsmätning.

Arbetet inleddes med datainsamling från årsdatabaser över slutkundsmätning och från tio elnätsföretag. Sedan skapades olika modeller för att göra nätförlusterberäkningar baserat på effektlödesalgoritmer.

Projektet ger en bra grund för detektering av icke-tekniska förluster samt IT-säkerhetsproblem relaterade till slutkundsmätning. Projektet har även undersökt IT-säkerhetsaspekterna för användandet av smart mätardata för sådana analyser.

– Nätförlusterberäkningar sammanfattas ofta på årsbasis hos elnätsbolagen, men detta medelvärde kan dölja flera problem med icke-tekniska förluster, säger Mattias Persson från RISE som är projektledare. Han fortsätter:

– I jakten på dessa icke-tekniska förluster är det viktigt att ta hänsyn till de tekniska förlusternas påverkan av spänning, deras temperatur, och deras spridning på tim-

nivå i olika typer av referensnät. Det tar vi hänsyn till i det här projektet och det skulle kunna göra stor skillnad för både elnätsbolag och elnätskunder.

Resultat

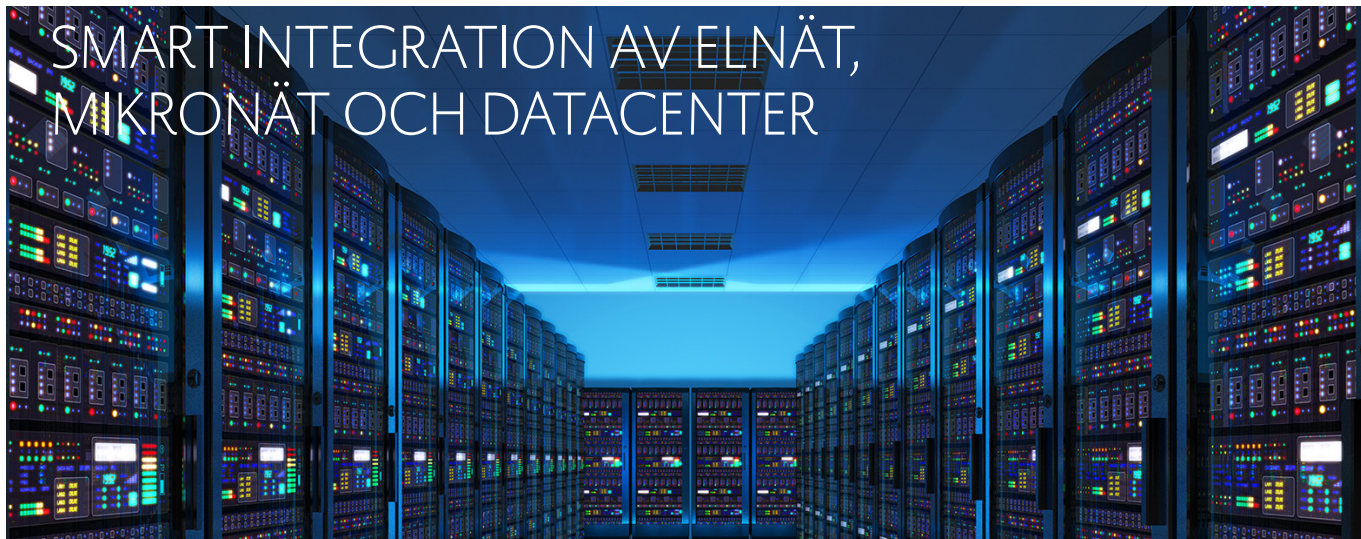
Undersökningarna har bestått av tio elnät på distributionsnivå; tre landsbygdsnät och sju tätortsnät. Från detta har en grundnivå på tekniska förluster för distributionsnät tagits fram med effektlödesberäkningar och de visade att:

- För ett tätortsnät är ett rimligt värde för tekniska nätförluster ca 0,5%/h/år, vilket motsvarar ungefär 1 kWh i rena förluster per timma.
- För ett landsbygdsnät var underlaget tre elnät, vilket gör att osäkerheten blir större. Ett rimligt värde för tekniska nätförluster på landsbygdsnät beräknades till ca 2,0%/h/år, vilket motsvarar ungefär 2 kWh i rena förluster per timma.
- De tekniska förlusterna i distributionsnäten varierade med runt +20% av spänningen och ca 3% med temperaturberoendet i kablarna baserat på respektive sensitivetsanalys.

Nätförluster i olika distributionsnät
och IT-säkerhetsaspekter

2021:809

Utförare: Mattias Persson, Erik Weihs,
Peter Folkesson, Pierre Kleberger



Projektet *Smart integration av elnät, mikronät och datacenter* har studerat hur olika abonnemang och tariffer påverkar driften av ett AI-kontrollerat mikronät där lasten utgörs av ett datacenter. Projektet har studerat optimering av datacenter genom styrning av el, last och kyla. Tariffer är framtagna genom AI som gynnar datacenter-, mikro- och elnätsägare.

Datacenter är en energikrävande industri och använder cirka 1 – 2% av den globala elproduktionen. I det här projektet har Tina Stark och hennes kollegor på RISE, undersökt elprissättningen kan påverka datacenterdriften.

– Vi byggde upp två optimeringsmodeller, en som byggde på data från en av våra testbäddar här på vår anläggning för datacenterforskning i Luleå. Den andra optimeringsmodellen bygger på AI och maskininläring. Det har varit ett spännande och komplext arbete, berättar Tina Stark.

Forskarna byggde upp ett datacentermikronät innehållande ett mikronät med en styrenhet för solpaneler och batterilagring, en kylare med möjlighet till fri kylning och ett kylager. En modell av datacentrets mikronät skapades som en bas för driftoptimering och självoptimering med hjälp av ”reinforcement learning”. Modellen användes sen för att analysera prissättningen av el tillämpade vi olika tariffer, enkel tariff, tidstariff, effekttariff samt en kombinerad tid- och effekttariff.

Tarifferna spelar en stor roll

– Att jobba med tariffer är svårt eftersom alla energibolag i princip jobbar med olika typer av tariffer. Det finns ingen standard, så det tog många timmar av research för att få fram de som var mest lämpliga för projektet. Det visade sig att tarifferna spelade en väldigt stor roll för resultatet. Just tid och effekttariffen funkade bäst, ju rörligare desto bättre förutsättningar för optimeringar, berättar Tina Stark.

Resultaten visar att tariffer är ett bra sätt att påverka driften av datacentret för att ta tillvara både på nät- och

egenproducerad förnybar kraft. Genom tariffer skulle ett mikronät kunna påverka elnätet och öka utnyttjandet av det. Med ett rörligt elpris skulle användningen av batterier kunna uppmuntras. En kombination av en rörlig energiavgift och effektagift är bra för att göra driftoptimering möjlig och samtidigt minska toppbelastningen.

Optimeringen visar att det är möjligt att minska driftkostnaden för datacentret och på så sätt få tillbaka en del av investeringarna utan att förkorta batteritiden. En självoptimeringsalgoritm kan lyckas hitta den optimala styrplanen för att minska driftkostnaderna inom en given tidshorisont.

Resultatet

Resultatet av projektet är att det med hjälp av machine learning och artificiell intelligens är möjligt att reducera driftkostnaden av ett datacentermikronät och med ett variabelt elpris främjas användning av förnyelsebar energi:

– En symbios mellan datacenter och mikronätsägare är möjlig. Optimeringsmodellerna främjar förnyelsebar energi och genom att flera parametrar läggs till kan modellerna användas på flera sätt. Optimeringsmodellerna kan också användas till att vara med och erbjuda frekvensstödtjänster.

Smart integration of electricity grid, micro grids and datacenter
2022:890

Utförare: Tina Stark, Mikko Siltala,



ELNÄTENS DIGITALISERING OCH IT-SÄKERHET

Elnäten är helt avgörande för att samhället ska fungera. Sveriges elproduktion ska vara 100 procent förnybar år 2040. Det leder till stora utmaningar för elnäten när en stor andel icke planerbar produktion ska hanteras. Programmet Elnätens digitalisering och IT-säkerhet har pågått under fyra år, under den tiden har vi sett hur branschen har fortsatt att förändrats i snabb takt. Kraven på att möta behoven av förändring och utveckling har bara ökat. I den här syntesrapporten redovisar vi olika rekommendationer och lösningar för att underlätta förverkligandet av ett mer flexibelt energisystem.

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.

