



SIKKERHEDSSTYRELSEN
DECEMBER 2012
SMART GRID - EL- OG MÅLESIKKERHED

Forord

Det danske elsystem står over for store omvæltninger i de kommende år. Vedvarende energikilder som vind- og solenergi vil fremover stå for en langt større del af energiproduktionen. Denne udvikling er senest blevet understøttet af en aftale om den danske energipolitik 2012-2020. Aftalen sigter mod at opbygge et elsystem, hvor op imod halvdelen af den samlede elproduktion i 2020 stammer fra vedvarende energikilder. Satsningen på vedvarende energikilder indebærer, at elsystemet skal tilpasses til at kunne håndtere de variationer i energiproduktionen, som følger af de skiftende vind- og vejrforhold.

Udviklingen i elsystemet skal håndteres ved hjælp af et intelligent elsystem, der, kan skabe en driftssikker og effektiv balance mellem produktionen og forbruget af el – på trods af de ændrede forhold. Dette elsystem kaldes under ét ”Smart Grid”. Det er endnu for tidligt at sige, hvordan et Smart Grid helt præcist vil komme til at forme sig. Det er dog afgørende, at elsystemet også fremover er sikkert for både forbrugere og fagfolk. Sikkerheden skal være i orden i både forsyningsnettet og i elinstallationerne. Ligesom de strømforbrugende og strømproducerende produkter, der kobles til systemet skal være sikre at anvende og omgås.

På den baggrund har Sikkerhedsstyrelsen analyseret de el- og målesikkerhedstekniske udfordringer, som kan tænkes at opstå i forbindelse med implementeringen af et Smart Grid i Danmark. Hensigten med analysen er at bidrage med sikkerhedstekniske input til de mange udviklingsprojekter og handlingsplaner, der nu og i fremtiden vil blive gennemført inden for Smart Grid. Vi skaber dermed også et fagligt grundlag for styrelsens egne prioriteringer i forbindelse med, at Smart Grid bliver mere udbredt i de kommende år.

Vi har i forbindelse med analysen været i konstruktiv dialog med en række centrale aktører, der alle har bidraget med deres viden om Smart Grid. Jeg vil gerne sige tak for det engagement og den åbenhed, vi har mødt.



Lizzi Krarup Jakobsen
Direktør, Sikkerhedsstyrelsen

Resumé

Smart Grid - kort fortalt

Smart Grid kan defineres som et elsystem med en række udvidede funktioner. Disse funktioner gør det muligt løbende at tilpasse den måde, elsystemet fungerer på. Over tid vil elsystemet ændre sig markant. Det nuværende system er kendetegnet ved stor afhængighed af fossile brændstoffer og en elproduktion, der tilpasses det faktiske forbrug. I fremtiden vil der blive tale om et system, hvor elproduktionen vil være mere svingende som følge af en markant større andel af vedvarende energi. I fremtidens system skal forbruget i højere grad tilpasses det reelle produktionsmønster, så en del af forbruget flyttes til tidspunkter, hvor der er en høj energiproduktion.

Smart Grid skal, ved hjælp af avanceret kommunikation og styring, sikre, at de vedvarende energikilder kan fungere effektivt i elsystemet på en måde, så produktion og forbrug tilpasses hinanden og forsyningssikkerheden opretholdes. Det indebærer også et ønske om at kunne lagre energi, når produktionen fra vedvarende energi er høj. Og omvendt føde energi ind i elnettet fra energilagre, når produktionen er lav. Implementering af Smart Grid vil dog medføre en række sikkerhedstekniske udfordringer, som der skal tages højde for, så skader på mennesker, dyr eller ejendom kan undgås.

Rammerne for analysen

Denne rapport præsenterer en analyse af de sikkerhedsmæssige udfordringer, som er eller kan blive aktuelle i forbindelse med implementeringen af Smart Grid i det danske elsystem. Udviklingen på området er stor i dag, og det forventes, at udviklingen vil accelerere yderligere i de kommende år.

Inden for Sikkerhedsstyrelsens myndighedsområde forventes implementering af Smart Grid at få betydning for, hvordan arbejdet med teknisk sikkerhed inden for områderne net, installationer, produkter, og legal metrologi i forbindelse med elmålere skal tilrettelægges fremover.

Net – det overordnede elsystem

Ordet ”net” dækker i denne analyse over det system, der transporterer el fra kraftværkerne ud til forbrugerne. Overordnet set bliver den store udfordring på netniveau at håndtere den øgede mængde af vedvarende energi. Andelen af vedvarende energi kan fx få indflydelse på spændingskvaliteten i nettet og skabe afledte sikkerhedstekniske udfordringer for blandt andet forbrugerprodukter og elmålere. Når spændingskvaliteten påvirkes, kan konsekvenserne være fx produkt- eller systemnedbrud.

En afgørende forudsætning for at elsikkerheden kan opretholdes er, at nettets dimensionering og funktionalitet bliver tilpasset til de nye forhold. Det fremtidige forsyningsbehov skal derfor analyseres grundigt, så det sikres, at dimensioneringen matcher de fremtidige udfordringer med automatisk styring og variationer i energiproduktionen.

Den øgede decentrale elproduktion og den mulige forsyning fra energilagre kan medføre forandringer i de arbejdsprocedurer, der gælder for vedligeholdelsesarbejder på net-niveau. Det skyldes, at der fremover vil blive produceret el mange forskellige steder i nettet.

Behovet for automatisk styring i et Smart Grid medfører en række hensyn i relation til datasikkerhed. Emnet behandles ikke indgående i denne analyse. Men der vil i et Smart Grid komme til at ske en massiv udveksling af information i elsystemet. Der skal derfor være en effektiv beskyttelse mod forstyrrelser og anden manipulation af datastrømmene, så overbelastninger og nedbrud i nettet undgås. Alle relevante aktører skal bidrage til at sikre, at datasikkerheden er intakt i alle dele af elsystemet.

Installationer – adgangen til strøm

Forbrugs- og produktionsmønstret på elområdet forventes at ændre sig i takt med, at Smart Grid bliver udbredt i elsystemet. Det får betydning for installationerne i bl.a. private husstande. Fx stiller udbredelsen af elbiler, varmepumper og solceller særlige krav til installationerne. Man skal være opmærksom på, at installationen skal være dimensioneret til at håndtere de ændrede påvirkninger som følger med anvendelsen af ny teknologi.

Installationerne i danske huse og bygninger er gennem tiden blevet udført på forskellige måder og med skiftende materiel. Derfor skal der i forbindelse med udbredelsen af Smart Grid tages højde for, at installationerne skal være egnede til Smart Grid-funktionalitet og produkter. Dette er et særligt opmærksomhedspunkt, når fx en ældre installation skal fungere sammen med nye produkttyper. Det kan indebære, at det bliver nødvendigt at udbygge installationerne med særlige tilslutningssteder til de produkter, der stiller særligt høje krav til effekt eller mulighed for styring. Det kan fx være situationen ved opstilling af ladesystemer til elbiler, der kræver megen effekt.

Udbredelsen af ny teknologi kan ligeledes spille en rolle for det beskyttelsesudstyr, der anvendes. Det gælder bl.a. fejlstrømsafbrydere. Det er afgørende for sikkerheden, at installationens beskyttelsesudstyr til enhver tid er egnet og virksomt. Det er i den forbindelse særligt vigtigt at være opmærksom på om de produkter, der kobles til installationen kan påvirke beskyttelsesudstyrets funktion.

Efterhånden som Smart Grid implementeres i elsystemet skal det sikres, at der ikke sker overbelastninger i installationer og materiel. Overbelastninger kan fx opstå, hvis mange forbrugere sætter forbruget i vejret på samme tid, fx når elprisen er lav. Denne situation bør der tages højde for i et Smart Grid, fx ved at det bliver muligt fra centralt hold at slukke for udvalgte produkter i spidsbelastningssituationer.

Produkter – brug af produkter i forbindelse med Smart Grid

Det vil øge effektiviteten af Smart Grid, hvis en række af de elprodukter, som vi anvender i det daglige, kan styres automatisk. På den måde bliver det lettere at opnå balance mellem elproduktion og elforbrug. Særligt interessant er de produkter, der enten i sig selv eller som samlet produktgruppe, bruger megen energi. Det kan fx være elbiler og varmepumper - men også vaskemaskiner, fryseanlæg og klimaanlæg.

For at disse produkter kan anvendes effektivt i et Smart Grid skal der ske en udvikling af kommunikationen til og fra produkterne bl.a. baseret på internationalt standardiseringsarbejde. Her er det ud fra en sikkerhedsmæssig betragtning vigtigt, at produkterne i fremtiden kan styres automatisk uden at det medfører fare. Det er i den forbindelse afgørende at vurdere hvilke produkter, der egner sig til automatisk styring, og om der er produkttyper, som ikke må kunne styres automatisk. Det er ligeledes relevant at sikre, at der indbygges de fornødne sikkerhedsforanstaltninger i den elektroniske styring af produkter, så produkterne ikke skaber farlige situationer, når de startes.

Elmålere - korrekt afregning af forbrug

Elmålere forventes at blive et centralt element i implementeringen af Smart Grid. Elmålerens betydning og funktionsområde kan i den forbindelse blive udvidet væsentligt i forhold til i dag. Det skal derfor sikres, at målerne kan holde til de belastninger, som den nye forsyningssituation med vedvarende energi er forbundet med. Hvis elmålere skal anvendes til at måle strømforbrug i forbindelse med hurtig opladning af elbiler stiller det fx større krav til målerens egenskaber. De skal kunne håndtere meget store strømstyrker og i nogle tilfælde også være i stand til at måle jævnstrøm, da hurtig opladning af elbiler i fremtiden kan ske med jævnstrøm. De almindeligt anvendte elmålere kan ikke på nuværende tidspunkt måle jævnstrøm. Det vurderes også, at Måleinstrumentdirektivet (MID) ikke er tiltænkt jævnstrømsmåling.

Man kan forestille sig, at elmålerne kommer til at bidrage til at balancere produktion og forbrug i elsystemet ved at måle med meget hyppigere intervaller. Dermed vil de løbende ændringer i prisen på strømmen få reel effekt på forbrugerens elregning. Det kan fx blive aktuelt, hvis man ved hjælp af lavere priser ønsker at tilskynde forbrugerne til at bruge strøm på tidspunkter, hvor der er ledig kapacitet på nettet. Elmålerne skal i så fald registrere forbrugsstørrelser og tidspunkter, så forbrugerne får afregnet forbruget til en lavere pris, når de bruger el på hensigtsmæssige tidspunkter.

Øget digital belastning og variationer i strøm- og spændingskvaliteten kan ligeledes medføre måletekniske udfordringer på elmålerområdet. Disse forstyrrelser kan påvirke målerens nøjagtighed og bør derfor være et væsentligt fokuspunkt i udviklingen af fremtidens målere og produkter, så det også fremover sikres, at forbruget måles korrekt.

Indholdsfortegnelse

Forord	3
Resumé	5
Smart Grid - kort fortalt	5
Rammerne for analysen	5
Net – det overordnede elsystem	5
Installationer – adgangen til strøm	6
Produkter – brug af produkter i forbindelse med Smart Grid	6
Elmålere - korrekt afregning af forbrug	7
Indholdsfortegnelse	8
Indledning	10
Om analysen	12
Hvad er Smart Grid	13
El- og målesikkerhed	14
Elsikkerhed	14
Enkeltfejlsprincippet	14
Beskyttelse i Danmark	14
Net - beskyttelsesmetoder	15
Installationer - beskyttelsesmetoder	15
Produkter - beskyttelsesmetoder	16
Målesikkerhed	16
Sikkerhedsmæssige udfordringer ved Smart Grid	17
Indledning - Net	21
Husstandsproduktion	21
Energilagre	22
Styring og kommunikation	24
Arbejde på nettet	25
Dimensionering af nettet	25
Indledning - Installationer	29
Opladning af elbiler	29
Ændrede belastninger	30
Elektromagnetisk støj	30
Indledning - Produkter	33
Uovervåget start og brug	33

Smart Grid modul	34
Indledning – Legal Metrologi.....	37
Nøjagtig måling	37
Målere til opladning af elbiler	38
Afsluttende bemærkninger	39
Bilag A Regulering af el- og målesikkerhed i Danmark	40
Danske regler om elsikkerhed	40
Danske regler om legal metrologi	41
EU-direktiver	41
Bilag B Aktører og myndigheder i elsystemet.....	43
Bilag C Inddragede aktører	45

Indledning

Smart Grid er et begreb, der bliver brugt meget inden for energibranchen i dag. Ordet ”smart” anvendes generelt om teknologier, der tilføjes flere funktioner i forhold til tidligere. Smart Grid er derfor et intelligent elsystem med flere funktioner. Når Smart Grid er fuldt implementeret, forventes det at være et system, der ved hjælp af kommunikation og styring kommer til at omfatte hele elnettet fra produktion til forbrug. Implementering af et Smart Grid kræver imidlertid væsentlig udvikling inden for en lang række områder.

Denne udvikling, som omfatter både infrastruktur og teknologi, er forbundet med en lang række udfordringer i hele elsystemet. Derfor er der et stort fokus på teknikken og økonomien i et Smart Grid, da det er disse faktorer, der primært vil være bestemmende for udviklingen og udbredelsen af Smart Grid. Det er dog også altafgørende at have fokus på, at løsningerne bliver sikre at anvende, så systemets potentiale inden for energibesparelser og erhvervs- og eksport-udvikling realiseres bedst muligt.

Baggrunden for indførelsen af Smart Grid er, at prognoserne for udviklingen i elproduktion og forbrug viser, at der vil ske store ændringer. Det er et klart mål over hele Europa at reducere afhængigheden af fossile brændstoffer i elproduktionen og erstatte denne produktion med vedvarende energi. På centralt plan i EU tales om 20/20/20 målene, som kort fortalt betyder, at 20 % af det samlede elforbrug skal komme fra vedvarende energi, samt at det samlede CO₂ udslip og det samlede energiforbrug reduceres med 20 % senest i 2020.¹ I henhold til det nye energieffektiviseringsdirektiv er målet om 20 % energibesparelse dog reduceret til 17 % i 2020.² Der vil derfor være en stadig stigende andel af vedvarende energi på produktionssiden, og energiflowet i elnettet vil ændres i takt med, at forbrugerne via vedvarende energi (fx solceller og husstandsvindmøller) selv bliver producenter.

Forbrugsmønstret vil også blive påvirket i takt med udbredelsen af nye strømforbrugende produkttyper som fx elbiler og varmepumper. Ændringerne vil ske dynamisk fra det system, vi har i dag, hvor produktionen planlægges, så den matcher forbruget, til et Smart Grid-system, hvor styring af både produktion og forbrug skal bidrage aktivt til opretholdelse af balancen i elnettet.

For at kunne vurdere den bedste måde at udbygge elsystemet i Danmark hen mod en elforsyning baseret primært på vedvarende energi, udarbejdede Energinet.dk og Dansk Energi i 2010 en rapport³ baseret på danske og internationale undersøgelser.⁴ Rapportens sigte var at forudsige, hvordan Smart Grid-konceptet kunne integreres i Danmark, og hvad den økonomiske konsekvens af indførelsen ville være. I rapporten gennemgås forskellene mellem traditionel udbygning i elnettet og udbygning med Smart Grid-funktionalitet.

Via en række omkostningsestimater for netudbygning og beregninger på de økonomiske forskelle på et elsystem med og uden Smart Grid funktioner analyseres det, hvorvidt Smart Grid vil præsentere en økonomisk fordel for den danske elsektor. Rapportens konklusion på dette spørgsmål er, at selvom Smart Grid vil være dyrere at etablere end den traditionelle netudbygning i samme periode, vil investeringen tjene sig hjem på sigt via besparelser på fx traditionel elproduktion og regulerkraft.

¹ http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm

² <http://www.kemin.dk/da-dk/nyhederogpresse/pressemeddelelser/2012/sider/nuskalenergiforbrugetieuropasaettesned.aspx>

³ Smart Grid i Danmark: http://www.danskeenergi.dk/Aktuelt/Indblik/Smart_Grid.aspx

⁴ Se bilagsrapporten til Smart Grid i Danmark via linket i noten herover.

Det er derfor væsentligt at lave en analyse af, hvordan etableringen af et Smart Grid vil påvirke el- og målesikkerheden i elsystemet, for at klarlægge de særlige udfordringer, der kan opstå i forbindelse med den grønne omstilling og etableringen af Smart Grid.

I forbindelse med udarbejdelsen af denne rapport har Sikkerhedsstyrelsen inddraget en række af de centrale aktører inden for Smart Grid. Sikkerhedsstyrelsen har derigennem fået vigtig viden om udviklingen på området, og styrelsen har også fået styrket dialogen med de aktører, der arbejder med Smart Grid i det daglige. Sikkerhedsstyrelsen ønsker med analysen at afdække mulige udfordringer for el- og målesikkerhed i relation til Smart Grid samt at etablere et godt fundament for vurderingen af, hvilke indsatsområder Sikkerhedsstyrelsen skal prioritere i de kommende år i forbindelse med at Smart Grid etableres.

Om analysen

Analysen fokuserer på, hvordan Smart Grid kan påvirke sikkerheden inden for Sikkerhedsstyrelsens myndighedsområde. Sikkerhedsstyrelsen har det sikkerhedstekniske myndighedsansvar på elområdet. Analysen fokuserer derfor på de farer, der kan være for mennesker, dyr og ejendom, når elsystemet ændres. Sikkerhedsstyrelsen har også myndighedsansvaret for legal metrologi, herunder at der sker korrekt måling af forbrugernes elforbrug og deres eventuelle elproduktion. Analysen fokuserer derfor også på målesikkerhed i relation til elmålerne.

Erfaringsmæssigt er det sådan, at sikkerheden ofte udfordres, når et eller flere systemer sammenkobles. Analysen vil derfor forsøge at afdække, hvorvidt det også er tilfældet, når Smart Grid gradvist integreres i det traditionelle elsystem. Optimeringen af Smart Grid er afhængig af kommunikation og styring mellem produktion og forbrug. Udover en overordnet gennemgang af elsystemet vil rapporten belyse specifikke områder, hvor der på nuværende tidspunkt forudses særlige udfordringer i forbindelse med den grønne omstilling og, selve etableringen af Smart Grid. Disse særlige områder vil blive gennemgået yderligere, med henblik på at illustrere de udfordringer, som Smart Grid, og især overgangen fra den traditionelle elforsyning til Smart Grid, stiller vores elsystem overfor.

For at opnå det bedste resultat er en række centrale aktører inddraget i analysen.⁵ Vi har ikke talt med alle aktører, men i analysen er der inddraget repræsentanter fra alle dele af det danske elsystem fra produktion til forbrug.⁶ Desuden er enkelte internationale aktører inddraget i analysen. Disse aktører har givet Sikkerhedsstyrelsen et overblik over Smart Grids forventede funktionalitet, og dermed det bedst mulige grundlag for at vurdere de sikkerhedsmæssige udfordringer i forbindelse med implementeringen. Der er ikke gennemført egentlige forbrugerundersøgelser i forbindelse med analysen. Sikkerhedsstyrelsen forventer, at der går en årrække, før Smart Grid i større skala er implementeret så tæt på forbrugerne, at deres individuelle adfærd for alvor får betydning for effekten af Smart Grid.

Analysen giver alene et øjebliksbillede af, hvordan implementeringen af Smart Grid på nuværende tidspunkt forventes at forløbe, og hvor der på nuværende tidspunkt vurderes at opstå særlige el- og målesikkerhedsmæssige udfordringer. Det forventes, at der efterhånden som systemet udvikles og etableres vil blive behov for yderligere undersøgelser af området.

⁵ En liste over de inddragede aktører kan ses i Bilag C.

⁶ En oversigt over aktører i de enkelte dele af elsystemet kan ses i Bilag B.

Hvad er Smart Grid

Som tidligere nævnt er Smart Grid et elsystem, der kan mere end blot at producere og levere strøm. Smart Grid systemet indeholder også muligheden for at balancere produktion og forbrug ved enten at styre forbruget eller ind- og udkoble central og decentral elproduktion. Den primære årsag til etableringen af Smart Grid er, at der fremadrettet skal kunne håndteres en langt større andel af vedvarende energi i elsystemet. Vedvarende energi er energi, der skabes ved at udnytte naturressourcer som sol, vind, bølger og biobrændsler som fx træ og halm. Disse energiformer skaber dog en række udfordringer, fordi de vedvarende energiteknologiers produktion bl.a. kan være afhængig af vejrforholdene. Dette forhold medfører en større variation i energiproduktionen, end elsystemet på nuværende tidspunkt er gearret til. Geografien har også stor betydning. Det skal fx både være rentabelt og muligt at opstille vindmøller, og det er ikke altid tilfældet. Det vil derfor ofte være på fladt land, ved kyster med stabile vindforhold eller på havet, at man opstiller vindmøller. På samme måde vil der være lokaliteter, der er mere rentable end andre til at etablere fx solcelleanlæg eller bølgeenergianlæg.

Den øgede decentralisering af energiproduktionen kan bl.a. betyde, at de overordnede ”elektriske motorveje”, i form af transmissionsnettet skal udbygges, da der kan være store regionale forskelle i, hvor energien produceres, og hvor den rent faktisk skal forbruges. Der vil fortsat være behov for de store centrale kraftværker. Deres betydning for stabiliteten i elsystemet vil være meget stor i perioder, hvor der ikke produceres så meget vedvarende energi, fx når det er vindstille eller overskyet.

I dag tilpasses produktionen til det aktuelle forbrug minut for minut. Energinet.dk udarbejder løbende forbrugsprognoser for hver enkelt dag. Disse prognoser er baseret på statistiske data fra sammenlignelige dage i tidligere år. Dagen før strømmen skal bruges, indkøbes der time for time en tilstrækkelig mængde energi til at dække forbruget. Dette indkøb sker på centrale elmarkeder,⁷ der er fælles for flere lande. I Danmark handles der på Nord pool, som er et fælles nordisk elmarked. Ud over at indkøbe produktion til at dække det forventede forbrug, indkøbes der også reserver. Reserverne kan Energinet.dk bruge til at regulere mindre variationer i det reelle forbrug i forhold til prognosen.⁸ Reserver kan både bidrage til at øge og mindske elproduktionen. Fremover vil et Smart Grid kunne hjælpe med denne regulering med den forskel, at styringen af forbruget også kan bidrage til at opnå den balance mellem forbrug og produktion, der er nødvendig for at systemet kan fungere.

Det skal altså i fremtiden være muligt ikke alene at øge produktionen i spidsbelastningsperioder, men også at øge forbruget, når der er overskudsproduktion eller sænke det i lavproduktionsperioder. Jo bedre denne udglætning mellem produktion og forbrug lykkes, des mindre vil behovet for at udbygge elnettet være. Det skyldes, at nettet i mindre grad vil skulle rumme perioder med ekstraordinært stort forbrug, da der kan skabes en fornuftig balance via styring af både produktionen og forbruget. Alt i alt betyder dette, at elsystemet bliver mere fleksibelt end det er i dag. Metoden til at skabe den ønskede balance i dette fleksible system er et Smart Grid, hvor kommunikationen imellem de enkelte led i elsystemet, er det centrale element. Kort fortalt bliver der lagt et kommunikationssystem ud i det eksisterende elsystem. På den måde kan de enkelte dele af elsystemet udveksle data, og dermed kan styringen af hele elsystemet optimeres.

⁷ <http://www.energinet.dk/DA/El/Engrosmarked/Sider/default.aspx>

⁸ <http://www.energinet.dk/DA/El/Saadan-driver-vi-elsystemet/Systemydelser-for-el/Sider/Systemydelserforel.aspx>

El- og målesikkerhed

Elsikkerhed

Elsikkerhed er et begreb, der vil blive anvendt gennemgående i denne rapport. I dette afsnit, vil det blive gennemgået, hvad begrebet elsikkerhed dækker over og hvilke metoder, der anvendes til at sikre personer mod fare fra el. En samlet oversigt over Sikkerhedsstyrelsens regulering af el- og målesikkerhed kan ses i Bilag A.

Som udgangspunkt skal alle produkter og installationer være sikre.⁹ Her skal man forstå sikkerhed i bredest mulige forstand. Sikkerhed er således ikke begrænset til de farer, der direkte kommer fra det elektriske, så som elektrisk stød, lysbuer og brand. Sikkerhedsbegrebet omfatter også mekanisk sikkerhed, fysisk sikkerhed, samt elektromagnetisk stråling og visse andre aspekter, der vedrører sundhedsområdet. Forsyningssikkerhed og elektromagnetiske forstyrrelser samt immunitet over for elektromagnetiske forstyrrelser (EMC) er emner, som Sikkerhedsstyrelsen beskæftiger sig med i det omfang, hvor de har indflydelse på sikkerheden. Disse emner er derfor kun behandlet i analysen i det omfang, de kan have indflydelse på el- og målesikkerheden.

Enkeltfejlsprincippet

Et grundlæggende element i beskrivelsen af begrebet elsikkerhed er enkeltfejlsprincippet.¹⁰ Kort fortalt, siger dette princip, at der skal mere end en enkelt fejl til for at skabe en farlig situation.

Beskyttelse mod elektrisk stød skal derfor sikres både med beskyttelse mod direkte berøring og beskyttelse mod indirekte berøring, idet det forudsættes, at der ikke sker to samtidige fejl. Direkte berøring er, når en person rører direkte ved spændingsførende dele som fx uisolerede ledere. Indirekte berøring er betegnelsen, når en person berører en overflade, der ikke normalt er spændingsførende, men som grundet en fejl er blevet spændingsførende, fx lågen på et køleskab.

Foruden beskyttelse mod elektrisk stød søger man også at benytte de tilsvarende principper om, at en enkelt fejl ikke må kunne forårsage farlige lysbuer, brand, afgivelse af farlige gasser, farlige substanser, eller farlig udstråling.

Beskyttelse i Danmark

Installationsbestemmelserne i stærkstrømsbekendtgørelsen angiver en række forskellige muligheder for at opfylde kravene om beskyttelse mod både direkte og indirekte berøring. De mest almindelige metoder til beskyttelse mod direkte og indirekte berøring vil blive gennemgået i det følgende.

Beskyttelsesmetoden afhænger af, hvordan det elektriske system er bygget op. Når de elektriske installationer er bygget op på forskellige måder, kan man ikke være sikker på, at man opnår den samme beskyttelse af forbrugeren, hvis man fx opstiller det samme køleskab i to forskellige lande. Herudover kan der også i de enkelte lande lokalt være anvendt forskellige opbygninger af elsystemet. For at opnå den nødvendige beskyttelse, er det derfor vigtigt at fokusere på beskyttelsesniveauet i både produkter og installationer.

⁹ Bekendtgørelse 177 af 20. marts 1995 om administration af stærkstrømsloven § 5a samt § 10.

¹⁰ Enkeltfejlsprincippet er bl.a. beskrevet i den internationale standard IEC 61140: Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment.

Beskyttelsesjord er et af de områder, hvor der er forskelle landene imellem. Danmark har ikke krav om, at der er beskyttelsesjord i installationen i huse opført før 1. april 1975. Et andet eksempel er, at der i Danmark er krav om at anvende fejlstrømsbeskyttelsesudstyr, mens det er frivilligt i andre lande. Der er ligeledes forskel på, hvilken højeste strøm de almindelige husinstallationer i de forskellige lande er projekteret til. Mange installationer i Danmark er projekteret til en fasestrøm på 13A, mens installationerne i de fleste andre europæiske lande er projekteret til en fasestrøm på 16A.

Net - beskyttelsesmetoder

Den mest almindelige metode til beskyttelse mod direkte og indirekte berøring i elnettet, er at placere de spændingsførende dele bag fysiske barrierer eller uden for rækkevidde. Det vil sige, at de enten placeres i høje master, hvor personer normalt ikke vil kunne berøre ledningerne eller bag hegn. Disse metoder fungerer godt i højspændingsnettet, hvor de høje effekter stiller store krav til afkøling, og hvor en placering i det fri derfor i mange tilfælde er nødvendig. Hvor det ikke er muligt at anvende disse beskyttelsesmetoder, anvendes princippet med at indkapsle ledende dele i ikke-ledende materialer (kapsling)¹¹ til at sikre beskyttelsen.

Det skal nævnes, at den mest effektive metode til at beskytte imod direkte berøring selvsagt er at fremføre nettet i jord- eller søkabler. Dette gøres i udpræget grad for distributionsnettet (10 kV – 60 kV), men kun i mindre grad for transmissionsnettet (150 kV - 400 kV).

Beskyttelse mod farlige magnetfelter, der er forårsaget af de høje strømme, som fremføres i nettet, sikres dels ved, at man sørger for afstand til bebyggelser, hvor der bor mennesker. Dels ved omtanke med hensyn til hvordan man kobler og fremfører lederne. Magnetfeltudvalget under Dansk Energi har udarbejdet en række forsigtighedsprincipper,¹² der ligger til grund for etablering af nye anlæg samt modifikation af eksisterende anlæg.

Installationer - beskyttelsesmetoder

I installationer er den primære beskyttelse mod direkte berøring at anvende isolation og kapslinger. Det betyder helt konkret, at der anvendes isolering på ledninger, og dåser ved samlinger og tilslutningssteder. Disse beskyttelsesmetoder er meget effektive, da de sikrer, at personer ikke kan komme til at berøre spændingsførende dele uden først at adskille eller ødelægge isolationen eller kapslingen. Kravene til denne metode er blevet skærpet over årene, så der i dag er krav om dobbelt isolation af kabler og pillesikring¹³ i stikkontakterne.

De mest almindeligt anvendte metoder til beskyttelse mod indirekte berøring er, at jordforbinde produktet og at anvende en fejlstrømsafbryder. I Danmark er den mest anvendte metode til beskyttelse mod indirekte berøring i almindelige husholdningsinstallationer, at anvende en fejlstrømsafbryder, som kobler fra ved en fejlstrøm på over 30 mA (HPFI-afbryder). Der blev i 2008 med stærkstrømsbekendtgørelsens afsnit 8 indført et krav om, at alle tilslutningssteder, der er overstrømsbeskyttet med op til og med 20 A, skulle beskyttes af en virksom HFI eller HPFI-afbryder. Det er for at sikre effektiv beskyttelse mod indirekte berøring i alle installationer. Dette skyldes, at der i Danmark, modsat i andre europæiske lande, ikke er fremført en virksom

¹¹ En kapsling, er en del der beskytter materiel mod ydre påvirkninger, og som beskytter mod direkte berøring fra alle sider.

¹² <http://www.danskenergi.dk/AndreSider/NetTeknik/Magnetfelter.aspx>

¹³ Mekanisk indretning der medvirker til, at begge ben på stikproppen indsættes samtidigt

jordforbindelse til alle tilslutningssteder. Der er dog krav om at der fremføres en virksom jordforbindelse i nyere installationer.

Fordeling af strømbelastningen er også et væsentligt krav i enhver installation. Dimensioneringen af kobbertværsnitsarealet i kablerne er bestemmende for den strøm, kablet kan belastes med. Sikring mod at kablet belastes ud over denne strøm opnås ved passende valg af udstyr til overstrømsbeskyttelse.

Produkter - beskyttelsesmetoder

For elforbrugende produkter gælder lavspændingsdirektivet. Dette EU-direktiv angiver de væsentlige sikkerhedskrav, som et produkt skal overholde for at kunne anses for at være sikkert. Det er producentens ansvar, at de væsentlige sikkerhedskrav overholdes. Som en hjælp udarbejdes der løbende sikkerhedsstandarder, som, hvis de efterleves af producenten, giver formodning om overholdelse af de væsentlige sikkerhedskrav i lavspændingsdirektivet. I produkter er beskyttelsen mod direkte og indirekte berøring implementeret ved anvendelse af isolation og kapslinger.

Fælles for alle de nuværende produktstandarder er, at de ikke er udarbejdet med sigte på at skulle tage højde for Smart Grid og de udfordringer, som det medfører. Den primære udfordring er automatisk styring og dermed mulig uovervåget brug af produkterne. Det kan betyde, at der ikke er en person tilstede til at afværge en eventuel farlig situation. Visse produkttyper er slet ikke egnede til automatisk styring. Det drejer sig om fx en brødrister eller et komfur, hvor uovervåget brug ikke er hensigtsmæssigt. Men også de produkter, som umiddelbart er egnede til automatisk styring, kan potentielt frembyde nye risikotyper, når de indkobles automatisk.

Målesikkerhed

Sikkerhedsstyrelsen administrerer regler om måleinstrumenter - primært forbrugsmålere, vægte og benzinstandere. Metrologi er læren om måling og vægt. Legal metrologi sikrer målingers nøjagtighed, hvor disse har indflydelse på sundhed, sikkerhed og gennemskueligheden af økonomiske transaktioner. Der er fastsat en række måletekniske bestemmelser, som skal sikre, at måleinstrumenter der bruges til afregning opfylder specificerede nøjagtighedskrav.

Sikkerhedsmæssige udfordringer ved Smart Grid

I dette afsnit gennemgås de el- og målesikkerhedsmæssige udfordringer ved implementeringen af Smart Grid i elsystemet, som Sikkerhedsstyrelsen har identificeret. Afsnittet er delt op i fire områder: Net, installationer, produkter og legal metrologi. Hvert af de fire områder indledes med en oversigt der kort sammenfatter de udfordringer der er identificeret på området. Udfordringerne uddybes efterfølgende i teksten på hvert enkelt område.

NET

Overblik over udfordringerne

HUSSTANDSPRODUKTION

- Risiko for forsyning fra belastningssiden i kabelskabe
- Beskyttelsesudstyret skal være egnet og virksomt
- 1- faset produktion medfører et skævt net

ENERGILAGRE

- Jævnstrøm lagres og bruges direkte til opladning af elbiler
- Fokus på valg af beskyttelsesmetoder til energilagrene
- Dimensionering af nettet i tilknytning til lageret

STYRING OG KOMMUNIKATION

- Øget automatik må ikke medføre overbelastning af nettet
- Utsigtet ø-drift og lokale overbelastninger skal undgås
- Indkoblinger af netanlæg skal ske uden at øge risikoen for skade

ARBEJDE PÅ NETTET

- Arbejdsprocedurer skal afspejle muligheden for flere forsyningskilder
- Kontrolmåling af spændingsløs tilstand er et øjebliksbillede

DIMENSIONERING AF NETTET

- Nettet skal kunne rumme al produktion; også den decentrale
- Behovet for strøm vil stige og belastningen skal udjævnes
- Strøm transporteres længere

Indledning - Net

Elnettet i Danmark er grundlæggende opdelt i et transmissions-, et distributions- og et lavspændingsnet. Transmissionsnettet består af de store transmissionslinjer på 400 kV og 150/132 kV, som populært kan kaldes elektricitetens motorveje. Distributionsnettet er et mere finmasket net, der fordeler energien ud til de forbrugernære transformerstationer (lavspændingsnettet). Spændingen transformeres gradvist ned, jo tættere man kommer på forbrugernes installationer. Spændingsniveauerne på distributionsnettet er; 60/50 kV samt 10 kV. På lavspændingsnettet, som de enkelte forbrugere er tilsluttet, er spændingen transformeret ned til 230/400 V. Det danske elnet er forbundet med elsystemerne i Norge, Sverige og Tyskland

Traditionelt er større kraftværker udelukkende forbundet til transmissionsnettet, da deres energi ofte skal transporteres over store afstande. Mindre decentrale kraftvarmeværker er typisk forbundet på distributionsnettet, da energien her ikke skal transporteres så langt for at nå ud til forbrugeren. Dog er der i de senere år sket en udvikling, hvor der er kommet langt mere elproduktion på lavspændingsnettet i form af vedvarende energi, især fra solceller, der med indførelsen af nettomålerordningen¹⁴ for private anlæg med en maksimal mulig produktion på 6 kW (kWp) i 2010 oplevede en stor stigning.

De to største overordnede udfordringer i forbindelse med etableringen af et Smart Grid bliver at holde elsystemet i balance med den øgede andel af vedvarende energi. Samt at fastholde spændingskvaliteten med den langt mindre inert¹⁵, der vil være i systemet i takt med at større spændingsstabiliserende kraftværker bliver helt eller delvist erstattet af store vindmølleparker.

Den centrale energiproduktion, som består af en række store kraftværker, der er placeret strategisk i det danske elsystem, har i mange år været Danmarks primære forsyningskilde. Disse kraftværker er stadig en væsentlig del af den danske elforsyning - især i forhold til at levere inert¹⁶ og kortslutningseffekt¹⁶ til udglatning af spændingsforstyrrelser. Spændingsforstyrrelser påvirker spændingens sinusform, hvilket kan forplante sig i hele nettet og skabe systemnedbrud eller afvigelse fra de 230 V ved 50 Hz, som det forventes, at forbrugeren har til rådighed i installationerne, og som de elforbrugende produkter derfor er designet efter.

Kraftværkerne er i dag primært kulfyrede, hvorfor deres fremtid i forbindelse med den grønne omstilling er usikker. En række af kraftværkerne vil kunne ombygges til at fyre med biobrændsler og vil derfor også i fremtiden kunne levere den energi, som vedvarende energikilder som solceller og vindmøller ikke kan levere.¹⁷ Flere af kraftværkerne kører allerede i dag i begrænset omfang med nedsat produktion, især når der er meget vindenergi tilgængelig.

Husstandsproduktion

Husstandsproduktion er en fælles betegnelse for den elproduktion, der foregår ude hos forbrugerne i form af små vindmøller og solcelleanlæg. De fleste privatejede solcelleanlæg i Danmark har en effekt på op til 6kWp. Disse anlæg kan føde energi ud på elnettet i perioder, hvor solcelleanlæggets produktion overstiger forbruget i ejerens installation.

¹⁴ Nettomålerordningen er indført med bekendtgørelse 804 af 28/6 2010.

¹⁵ Inert¹⁵ skabes af objekter i bevægelse, og beskriver deres modstandsdygtighed overfor ændringer i deres bevægelse. Fx vil en stor roterende masse i en generator have en stor inert¹⁵, da det vil være vanskeligt at ændre dens hastighed.

¹⁶ En stor kortslutningseffekt betyder en lille impedans og en stor modstandsdygtighed overfor spændingsforstyrrelser

¹⁷ Se rapporten "Smart Grid i Danmark" udgivet af Energinet.dk og Dansk Energi

Udbredelsen af solceller installeret hos forbrugerne har gjort at begrebet ”prosumer”¹⁸ er blevet opfundet for at beskrive, hvordan privatpersoner nu og i fremtiden vil være både forbrugere og producenter af energi. Ved denne form for energiproduktion, omdannes jævnstrøm, til vekselstrøm ved hjælp af en inverter (vekselretter).

Da energien fra solcelleanlæg typisk fødes ind på lavspændingsnettet, leverer forbrugerne energi i modsat retning af, hvad der traditionelt har været tilfældet. Det er en udfordring for netselskaberne, da de nu skal tage højde for forsyning fra flere kilder. Det er både i forbindelse med dimensionering af nettet og i forbindelse med arbejder på netanlæg.

Den markante stigning i antallet af installerede solcelleanlæg har affødt en lang række spørgsmål relateret til installationen af solceller og det tilhørende beskyttelsesudstyr. En af udfordringerne, som er afledt af jævnstrømsindholdet i anlæggenes produktion og lækstrømme,¹⁹ er hvilken type fejlstrømsafbryder, der skal anvendes til at beskytte installationen. Spørgsmålet opstår, da de fejlstrømsafbrydere, der kræves i alle installationer i Danmark ikke er konstrueret til at fungere med jævnstrøm, hvorfor selv et meget begrænset jævnstrømsindhold igennem afbryderen kan sætte den ud af funktion. Det betyder, at man for at beskytte solcelleinstallationen, i nogle tilfælde kan være nødt til at anvende en type B fejlstrømsafbryder, som er en fejlstrømsafbryder, der også fungerer ved fejlstrømme med jævnstrømsindhold. Ulempen for forbrugeren ved at skulle anvende denne type afbryder er, at de koster væsentligt mere end traditionelle fejlstrømsafbrydere.

En stor del af de invertere der monteres i forbindelse med solcelleanlæg er 1-fasede. Når der opsættes 1-fasede invertere, vil der kun være produktion på en enkelt af de 3 faser. Det kan føre til skæve belastninger i nettet. Udfordringen med skæve belastninger forstærkes yderligere, hvis der installeres flere anlæg fra forskellige installationer på samme fase i en radial i lavspændingsnettet. Udfordringerne består i, at produktion og forbrug til enhver tid skal passe sammen på hver enkelt fase. Det betyder, at produktionen vil blive sendt ud i nettet, indtil der er et tilsvarende forbrug på samme fase, enten til nabohuset, eller ud på en helt anden radial. Udfordringerne med skæv belastning af nettet vil blive endnu mere udtalt, hvis forbruget samtidig trækkes primært fra en anden fase. Strømmen kan altså i fremtiden skulle transporteres længere, og det stiller større krav til kablerne i elnettet.

Generelt er solcelleanlæg, der installeres i dag ikke-styrbare produktionsenheder. Det betyder, at solcelleanlæg, i modsætning til andre typer energiproduktion, kun er styret af hvor meget sollys, der er til rådighed. Hvis anlæggene producerer på tidspunkter, hvor der ikke er behov for energien lokalt, vil det være nødvendigt at skruer ned for andre energiformer samt at transportere strømmen over større afstande. Der er allerede observeret spændingsstigninger i områder med mange solceller. Det kan potentielt medføre, at de elforbrugende produkter, der er tilsluttet installationerne i dag, kan blive udsat for spændinger, de ikke er designet til. I yderste konsekvens kan denne overbelastning føre til isolationsfejl og produktnedbrud. Udfordringen med for megen energi i elsystemet forstærkes yderligere i den situation, hvor der er en stor mængde energi fra vedvarende energikilder i hele elnettet. I den situation vil det være nødvendigt at sende energien til en anden landsdel eller at eksportere energien til et land, der kan bruge energien.

Energilagre

Med stigningen i elforsynings andel af vedvarende energi og dermed variabel energiforsyning, opstår ønsket om at kunne lagre overskudsproduktion for at kunne anvende den i perioder med lavere produktion.

¹⁸ Prosumer er en sammentrækning af producer og consumer.

¹⁹ Lækstrømme er strømme fra ikke fejlfremmede kredse der går til jord eller fremmed ledende dele. Disse strømme kan påvirke sikkerhedsudstyret i installationerne.

Interessen for energilagre er derfor steget. En stigning i antallet af elbiler eller yderligere udvikling og implementering af lagerteknologier, som fx batterier, vil medføre yderligere muligheder for oplagring af elektricitet. Der eksisterer i dag en række muligheder for at lagre elektricitet, som er baseret på at omdanne den elektriske energi til en anden energiform. I Danmark anvendes fx fjernvarmenettet som et energilager. Det sker ved, at fjernvarmevandet opvarmes med en elpatron, når der er overskud af vindenergi. Fælles for alle typer af energilagre er dog, at noget af energien går tabt ved hver energiomdanning.

Det er muligt, at lokale batterilagre på et tidspunkt bliver en realistisk mulighed for private forbrugere fx kombineret med egen energiproduktion. I dag er det imidlertid ikke rentabelt for private at installere batterilagre på grund af anskaffelsesomkostningerne og den begrænsede levetid på batterierne. Batterilagre vurderes dog til at være den lagerform med det største potentiale på nuværende tidspunkt. Dette skyldes bl.a., at batterierne kan lades direkte med jævnstrøm fra en række vedvarende energikilder, hvilket mindsker tabet, da energien kun skal omsættes en enkelt gang for at kunne anvendes i elnettet.

Energilagre er på nuværende tidspunkt primært på forsøgsstadiet. Der er ikke påbegyndt forsøg med lagre hos private forbrugere. Der kan, såfremt nye batteriteknologier viser sig at være egnede til det, opstå en interesse for at etablere lokale energilagre.

De særlige udfordringer, der kan opstå ved energilagre vil afhænge af, hvordan udførelsen bliver i det endelige system. Såfremt elbiler bliver udbredt, vil man potentielt kunne anvende dem som et mobilt energilager. Ved et lager baseret på elbiler vil de største udfordringer blive forbrugerkomfort, forbrugsmønstre og begrænsninger i ladetider. Bliver der i stedet tale om decentrale stationære energilagre med større kapacitet, vil det primært være levetid, styring og vedligehold af disse anlæg, der vil være begrænsende faktorer for deres anvendelse.

Den største forhindring for etablering af lokale energilagre med batterier er økonomien, da batterier fortsat er en dyr lagerform. Dog kan dette problem på sigt reduceres, efterhånden som forskning i nye produktionsmetoder og nye batteriteknologier vil gøre batterier gradvist billigere. Derudover er de nuværende batterier ikke egnede til, at der skal foretages mange op- og afladninger. Det betyder, at de vil skulle udskiftes regelmæssigt, hvilket medfører store omkostninger. Konkret kan det nævnes, at de mest almindelige batterityper i dag typisk kan håndtere op til 1000 ladecykler (1 ladecyklus består af en opladning og en afladning), før de ikke længere er funktionelle. Der er dog nye batterityper under udvikling, der kan håndtere op til 10.000 ladecykler. I forbindelse med udskiftning af batterier i et energilager, vil det være nødvendigt at tage særlige hensyn ved arbejdet, da der vil kunne blive tale om L-AUS arbejde. Det skyldes, at batterierne ikke nødvendigvis vil være spændingsløse, og at de potentielle høje spændinger vil kunne medføre fare for de personer, der arbejder på anlægget.

I forbindelse med etablering af et energilager er det, udover den grundlæggende dimensionering, vigtigt at overveje, hvilken beskyttelse, der anvendes. Her bør man være særlig opmærksom på, at der omsættes energi fra jævn- til vekselstrøm. Så kan det være nødvendigt at vælge beskyttelsesudstyr, der kan håndtere jævnstrøm.

I forbindelse med driften kan lageret behandles som et stort batteri, hvor opladning og afladning vil kunne følge produktionen, dvs. aftage overskudseffekt og levere denne tilbage, når der er behov for det.

Med hensyn til vedligehold vil en begrænsende faktor være, at selvom det i dag er muligt at få batterier, der kan holde deres kapacitet i lang tid, er det ikke muligt at få en tilsvarende levetid ud af de invertere, der vil være påkrævet for at kunne udnytte energien fra batterier i elnettet. En nærliggende løsning på dette kunne være at anvende strømmen til hurtig opladning af elbiler, og derved tage denne ekstra belastning ud af nettet, ved at tilslutte bilerne direkte til energilageret.

Styring og kommunikation

For at få et Smart Grid til at fungere er det nødvendigt at anvende automatisk styring og kommunikation. Automatisk styring og kommunikation dækker over alt - fra de systemer der overvåger elnettet og sørger for at der er strøm i stikkontakten - til de systemer, der sender målerdata til elselskaberne, så forbrugerne kan afregnes korrekt efter deres forbrug. Denne styring og kommunikation har traditionelt ikke været anvendt på distributions- og lavspændingsniveau. Der vil dog, efterhånden som Smart Grid bliver implementeret, komme øget kommunikation og styring på lavspændingsnettet. Disse nye funktioner betyder øgede muligheder for automatik og styring hele vejen gennem elnettet. Det er en forudsætning for, at Smart Grid kan blive virkelig effektivt. Det giver dog også en række udfordringer, idet et øget niveau af automation og kommunikation potentielt kan øge sårbarheden i systemet. Det fremgår af status for Smart Grid-netværkets anbefalinger, at de relevante instanser er opmærksomme på data- og forsyningssikkerheden i systemet.²⁰

Udfordringerne i forbindelse med intelligent styring og kommunikation vil ikke være direkte elsikkerhedsmæssige udfordringer. Dog vil konsekvenserne af fejl i disse systemer kunne påvirke elsikkerheden, da der potentielt vil kunne forekomme lokale overbelastnings- eller ø-drifts situationer. Ø-drift dækker over en situation, hvor en lokal del af elnettet frakobles resten af nettet. I den situation, vil der ikke være de samme muligheder for at regulere spænding og frekvens, hvilket kan føre til nedbrud i det materiel, der er tilsluttet området i ø-drift. Disse situationer vil typisk kunne opstå som følge af fejl i systemet eller som følge af et hackerangreb med det formål at skaffe sig adgang til forsyningssystemet.

De største udfordringer vil ligge i at få planlagt de intelligente systemer på den rigtige måde, med det rette niveau af automation og kommunikation, så nettet kan håndtere de udfordringer, der opstår som en konsekvens af den øgede andel af vedvarende energi i energiforsyningssystemet. Dog vil der fortsat skulle være en grad af menneskelig overvågning af systemet, primært for at sikre, at der ikke kobles u hensigtsmæssigt, fx i forbindelse med vedligeholdelses- og reparationsarbejde i nettet.

En af de helt store udfordringer i forbindelse med den øgede mængde af kommunikation og styring i elnettet er datasikkerhed. Der har i mange år været styring af koblingsenheder på transmissionsnettet, men på lavspændingsnettet er der ikke tradition for det. Dog vil et Smart Grid kræve, at der bliver etableret styring på disse net. Derfor vil datasikkerhed blive en væsentlig parameter. Et muligt scenarie ved brud på datasikkerheden vil være hackere, der bryder ind i systemet, og hvor det vil være særligt kritisk, hvis de fx er i stand til at ændre afregningsdata fra elmålere, overbelaste systemer, eller afbryde strømmen til områder, der kræver konstant forsyning.

I dag er der i mange tilfælde ikke direkte kendskab til øjebliksværdier for belastninger på lavspændingsnettet. Dette bevirker, at det vil være vanskeligt at belaste nettet til tæt på den maksimale kapacitet, da netselskaberne, for at kunne garantere el- og forsyningssikkerheden, bliver nødt til arbejde med en vis sikkerhedsmargin.

²⁰ <http://www.kemin.dk/da-dk/nyhederopresse/pressemeddelelser/2012/sider/godfremdriftianbefalingerfrasmartgridnetvaerket.aspx>

Arbejde på nettet

Efterhånden som husstandsproduktion bliver mere og mere udbredt, bliver de traditionelle procedurer ved arbejde på lavspændingsnettet og i installationerne udfordret. Især produktion på lavspændingsnettet kan potentielt være en udfordring, fordi man nu ikke længere kan vide sig sikker på, at installationerne er spændingsløse, når man har afbrudt i transformeren. Det er stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 5 og 5A der angiver kravene til arbejde på højspændingsinstallationer, og stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6, kapitel 63 der angiver kravene til arbejde på lavspændingsinstallationer.

Sikkerheden ved arbejde på nettet er i dag et område, hvor reguleringen i langt de fleste tilfælde sikrer, at arbejdet kan udføres uden fare for medarbejderen. Dog kan der tænkes situationer, hvor det er muligt, at nettet kommer under spænding efter, at kontrolmålingen er foretaget. I langt de fleste tilfælde vil disse udfordringer dog imødekommes via arbejdsgiverens instruktioner og procedurer for tilrettelæggelsen af arbejdet.

Dimensionering af nettet

Dimensionering af kabler har traditionelt været håndteret godt af netselskaberne. De står dog over for en række nye udfordringer i forbindelse med den grønne omstilling, hvor en større del af forbrugernes energi skal komme fra el. Det er derfor væsentligt, at netselskaberne i fremtidens markeder får mulighed for i højere grad at overvåge nettet og styre hvor og hvornår, der kan forbruges store mængder energi.

Traditionelt er stærkstrømskabler i Danmark blevet etableret som luftledninger. Dette har givet en lang række fordele, herunder gode varmeafledningsforhold og let tilgang i forbindelse med vedligehold og udskiftning. I de senere år er netselskaberne dog begyndt at kabellægge hele distributions- og lavspændingsnettet. Jordlægning af kabler giver dog nogle udfordringer, da kablerne nu ikke længere har de samme varmeafledningsforhold som tidligere. Det kan medføre, at kablets temperatur stiger. En stigning i kablets temperatur fører til større modstand, hvilket potentielt kan skabe overbelastninger af kablerne. For at imødegå denne problemstilling, er det nødvendigt at dimensionere kablerne efter, at de placeres under potentielt dårlige varmeafledningsforhold, hvilket medfører større tværsnit på lederne.

En væsentlig parameter når der dimensioneres nye kabler, er at sikre, at de kan holde til de belastninger, de udsættes for i hele deres levetid. Det kan i praksis være vanskeligt. I fremtiden vil det kunne blive nødvendigt at opgradere nettet for at imødekomme både øget forbrug og øget produktion. Netudbygninger er dog kostbare. Derfor er det relevant at udbygge der, hvor behovet er størst. Det kan være en udfordring at afgøre, hvor behovet er størst, fordi der ikke alle steder er lige gode data om belastningerne i lavspændingsnettet. Det betyder, at det i praksis kan være vanskeligt at overvåge og afgøre, hvor tæt enkelte 400 V radialer²¹ er på at nå deres maksimalbelastninger. For at fremme en strategisk netudbygning kan det derfor være nødvendigt at etablere yderligere målepunkter i mellem- og lavspændingsnettet. Disse målinger vil så også kunne anvendes som styringsparametre i Smart Grid-systemet, hvilket potentielt kan medvirke til at udskyde investeringer i nettet.

Hvis flere installationer under samme transformator øger deres effektforbrug, vil belastningen af lavspændingsnettet blive mere udtalt. Såfremt effektforbruget blot styres via et simpelt prissignal, kan der opstå situationer, hvor alle husholdninger ønsker at bruge den maksimalt mulige energi på samme tidspunkt. Det vil kunne medføre problemer med overbelastning på radialen, som kan føre til strømafbrydelser.

²¹ Beskriver det offentlige forsyningsystem der forsyner en række husholdninger fra samme 10/0,4 kV transformator

Løsningen på denne problematik kan være at udvikle en mere avanceret styring eller at udbygge kabler og beskyttelsesudstyr til at kunne håndtere større belastninger. Ved at anvende Smart Grid-koncepter, kan en fordeling af belastningerne, opnås bl.a. ved at afbryde ukritiske produkter i kortere perioder. Disse produkter kan fx være store fryseanlæg, køleanlæg eller varmepumper.

Netselskaberne er forpligtet til at levere elektrisk energi inden for visse spændingsgrænser.²² De har derfor behov for at indregne spændingsfald under dimensioneringen. Dette giver dog nogle udfordringer, idet kablerne typisk ikke er dimensioneret efter den maksimale energi, de kan overføre. Derudover regnes der typisk med en samtidighedsfaktor under dimensioneringen. Samtidigheidsfaktoren betyder, at det antages, at ikke alle forbrugere bruger den maksimalt mulige energimængde på samme tidspunkt.

På transmissionsnettet kommer en af de største udfordringer i form af den øgede andel af vedvarende energi. Dette skyldes at energien i fremtiden i langt højere grad vil skulle transporteres ikke blot mellem landsdele - men også mellem landene i Europa. Begrundelsen for denne øgede transport af energi skal findes i de fysiske grænser for, hvor vedvarende energi kan placeres. Eksempelvis har Norge og Sverige en stor andel af vandkraft, Danmark en stor andel af vindkraft og Tyskland en stor andel af solenergi. Såfremt en af disse energiformer ikke producerer, vil der være behov for at hente energien et andet sted. Det stiller øgede krav til dimensioneringen af transmissionsnettet, da det skal kunne håndtere denne transport af energi. Derfor har samarbejdsorganisationen for Europæiske transmissionsselskaber ENTSO-E offentliggjort en ny 10-årig plan for udbygning af transmissionsnet i Europa.²³

²² Netbenyttelsesaftalens § 5 http://www.danskenergi.dk/AndreSider/Vejledning/Net_Vejledning.aspx

²³ <http://energinet.dk/DA/EI/Nyheder/Sider/Ny-plan-for-udvikling-af-det-europaeiske-el-transmissionsnet.aspx>

INSTALLATIONER

Overblik over udfordringerne

OPLADNING AF ELBILER

- Hurtig opladning og store effekter kan belaste hele installationen
- Tilslutningsstedet til elbilen skal være egnet til de store effekter
- Beskyttelsesudstyret skal være egnet og virksomt

ÆNDREDE BELASTNINGER

- Dele af installationen belastes kontinuert i længere tid
- Når elforbruget øges bør der være fokus på hvad installationen kan holde til
- Summering af harmoniske forstyrrelser i installationerne bør overvejes

Indledning - Installationer

Installationsområdet omfatter den faste installation fra afgang i kabelskabet til og med stikkontakten hos forbrugeren.²⁴ Installationsområdet er omfattet af bestemmelserne i Stærkstrømsbekendtgørelsens afsnit 6, samt tillæg.²⁵ Materiellet, der anvendes i installationerne, er omfattet af Lavspændingsdirektivets bestemmelser, som understøttes af harmoniserede produktstandarder.

Det vil være i installationerne og på lavspændingsnettet, at de største elsikkerhedsmæssige udfordringer vil opstå. Dels kan der med udbredelsen af elbiler og varmepumper forekomme produkter, der har et langt højere effektforbrug, end det er tilfældet i dag. Det kan medføre en øget risiko for overbelastninger i de enkelte installationer. Her kan de ældre installationer være mere udsatte, da de ikke har været tiltænkt store effektforbrug, da de blev etableret. De ældre installationer kan desuden have isolation, der ikke længere er egnet til eventuelt øgede belastninger, hvilket kan medføre kortslutning. Mange installationer er desuden dimensioneret ud fra en samtidighedsfaktor, hvilket medfører problemer med strømafbrydelser, hvis den samlede belastning overstiger den strøm, stikledningen og beskyttelsen er dimensioneret efter.

Der er derfor både sikkerhedsmæssige og funktionsmæssige udfordringer i installationer i forbindelse med etableringen af et Smart Grid og det deraf følgende ændrede forbrugsmønstre.

Opladning af elbiler

Elbiler er et af de områder, som har været meget omtalt i forbindelse med grøn omstilling og Smart Grid. Hvis ønsket om bred udbredelse af elbiler som transportmiddel skal opfyldes, må det forventes, at der vil være et stort fokus på bl.a. at sikre en god komfort, på at øge elbilernes rækkevidde, på at forkorte opladningstiden og at opladningstidspunktet ikke er til unødigt gene for forbrugeren. For at kunne opfylde alle kravene for indførelsen af elbiler i en større målestok, vil der opstå et behov for lokale installationer, der kan levere en høj effekt. Disse installationer skal kunne styres for ikke at overbelaste de lokale net i de perioder, hvor de i forvejen er højt belastet. Implementeringen af Smart Grid har derfor stor betydning for, at der er gode vilkår for, at elbiler kan vinde indpas i de danske husholdninger.

Der er iværksat en række initiativer, der sigter mod at fremme udbredelsen af elbiler, hvorfor særlige udfordringer, der kan opstå, når mange elbiler tilsluttes elsystemet, er et område der har Sikkerhedsstyrelsens fokus.

Elbilen giver en lang række fordele i forhold til den grønne omstilling. Hvis den oplades med energi fra vedvarende energikilder, forurener bilerne ikke, da de ikke er afhængige af fossile brændsler. Derudover kan de i et Smart Grid anvendes til at aftage store mængder energi på tidspunkter, hvor der er overskud af energi. At elbilerne aftager store mængder energi, giver dog nogle udfordringer for elnettet, hvis elbilerne oplades i perioder med spidsbelastninger. Hvis opladning i perioder med spidsbelastninger ikke kan undgås, kan det kræve netudbygninger for at undgå at elbilerne overbelaster elnettet. Det vil dog primært være netselskaberne samt de markedsaktører, der vil tilbyde opladning af elbiler, der i et samarbejde vil skulle håndtere denne udfordring.

²⁴ Lavspændingsområdet går fra 0 – 1000 V vekselstrøm, samt 0 – 1500 V jævnstrøm.

²⁵ Det skal bemærkes, at både installationen i det enkelte hus og lavspændingsnettet er omfattet af afsnit 6. Skillelinjen i forhold til ansvar mellem netselskab og forbruger er typisk afgangssiden af kabelskabet.

Udviklingen på elbilområdet må forventes at gå i retning af, at brugerne oplever så få forskelle som muligt sammenlignet med konventionelle biler med forbrændingsmotor. En af de store udfordringer i forbindelse med de elbiler, der er tilgængelige i dag, er den begrænsede rækkevidde. Dette medfører en begrænsning i den umiddelbare bevægelsesfrihed sammenlignet med, hvad en konventionel bil kan tilbyde. Det er desuden u hensigtsmæssigt, hvis opladningen kun kan ske om natten eller tager lang tid. Det giver store udfordringer for elsystemet, da det i dag ikke er dimensioneret til meget store strømtræk lokalt i lavspændingsinstallationerne.

Stikledninger til husstande er typisk overstrømsbeskyttet med en begrænset sikringsstørrelse. Det betyder, at der er en begrænset mængde effekt til rådighed for huset. Det vil dog ikke altid være muligt at anvende effekten fuldt ud til elbilen. Den øvrige del af installationen vil som udgangspunkt fortsat skulle bruge en vis andel af den kapacitet, som installationen har til rådighed. Derfor vil det være hensigtsmæssigt at kunne styre opladningen af elbiler, så de ikke belaster installationerne på de tidspunkter, hvor der i forvejen er store energitæk, fx i forbindelse med madlavning.

Opladning af elbiler kræver, at energien omsættes til jævnstrøm, da batterier ikke kan lades direkte med vekselstrøm. Dette betyder, at det kan blive nødvendigt at beskytte ladestanderne med beskyttelsesudstyr, der kan håndtere jævnstrøm. Behovet for at vælge beskyttelsesudstyr, der kan håndtere jævnstrøm, opstår da der vil være en risiko for, at der ved fejl vil kunne sendes jævnstrøm igennem beskyttelsesudstyret fra ensretterkredsløbene i elbilen eller ladestanderen. Derfor stiller den nye standard for installation af ladestander også krav om at der tages forholdsregler for at beskytte mod fejlstrømme med jævnstrømsindhold, når der anvendes 3-faset opladning ved ukendte belastninger.

Ændrede belastninger

Langt de fleste installationer i Danmark er i dag baseret på en samtidighedsfaktor, hvor det antages, at det ikke er hele installationen, der anvendes på samme tid. Altså at gennemsnitsbelastningen er lav. Dette betyder, at kablerne er dimensioneret ud fra, at installationerne kun anvendes ved maksimalbelastning i kortere tid, samt at det ikke er hele installationen, der anvendes samtidigt.

Efterhånden som Smart Grid får udbredelse hos private forbrugere, stiger ønsket om at kunne styre flere ting automatisk. Dette bunder i, at forbrugerne bliver nødt til at kunne flytte større mængder af forbrug for at opnå større besparelser. Det betyder dog, at belastningskarakteristikkerne i installationerne vil ændre sig. Denne udfordring er todelt. Dels vil der være risiko for overbelastning af installation og materiel, dels kan der forekomme udfald i installationen, såfremt beskyttelsesudstyret slår fra grundet for højt effektforbrug.

Elektromagnetisk støj

En anden udfordring er den øgede mængde af produkter, der sender elektromagnetisk støj tilbage i installationen. Disse produkter er f.eks. LED-pærer og små strømforsyninger. Især de 3. harmoniske strømme er i denne forbindelse problematiske, da de lægges sammen og dermed påvirker forsyningens sinusform. EMC-direktivet stiller strenge krav til, i hvor høj grad de enkelte produkter må støje. Støjen vil dog blive forøget i en moderne installation, såfremt der er mange produkter, der kun lige overholder kravene. Derfor kan der forekomme en summering af de enkelte delforstyrrelser fra de enkelte produkter, således at der samlet set bliver tale om en stor udfordring

PRODUKTER

Overblik over udfordringerne

UOVERVÅGET START OG BRUG

- Fokus på om produktet egner sig til at indgå i et Smart Grid eller ej
- Automatisk start stiller krav til "selv-test" af produktet inden start
- Produktets sikkerhedsforanstaltninger skal tage højde for uovervåget start og brug
- Fjernstyring af produkter kræver sikker kommunikation

SMART GRID MODUL

- Kan bruges til at fjernstyre produkter der ikke er egnet til det
- Kan udsættes for større belastning end modulet er konstrueret til

Indledning - Produkter

Elektriske produkter, der er tilsluttet installationen, er som udgangspunkt reguleret af EU-direktiver. De vigtigste direktiver er Lavspændingsdirektivet, der regulerer al sikkerhed vedrørende elektriske produkter, samt Maskindirektivet, der ligeledes regulerer sikkerhed, men er begrænset til de produkter, der defineres som en maskine. Produkter er desuden omfattet af en lang række andre direktiver, men analysen fokuserer alene på dem, der regulerer de elsikkerhedsmæssige aspekter.

At elprodukterne er underlagt direktiver fremmer produkternes frie bevægelighed og sikrer, at der er ensartede sikkerhedskrav overalt i EU og EØS for den samme slags produkter. Produkter, der overholder de relevante standarder, som er nævnt i EU-tidende, kan formodes at være i overensstemmelse med direktivets krav og kan derfor frit markedsføres i alle EU- og EØS-lande.

Den endelige implementering af Smart Grid forventes at medføre, at mange typer elprodukter kan fjernstyres, således at de kan anvendes, når elprisen er lav. Hvordan denne styring vil foregå, er ikke endeligt afgjort. Der er dog flere eksempler på, hvordan det kunne blive implementeret. Fx kan forsyningsselskabet få adgang til at styre produkterne. Kunderne kan selv styre dem på baggrund af oplysninger i elprisen. Eller en handler, der køber strøm fra forsyningsselskabet og sælger en service til kunderne, kan styre produkterne. Fælles for alle scenarierne er, at det handler om at balancere forbrug og produktion og, at fordele forbruget ud over døgnet.

Uovervåget start og brug

Langt de fleste produktstandarder er lavet sådan, at en del af sikkerheden opnås ved, at der skal et menneske til at starte produktet. Man ved med andre ord, hvilken tilstand produktet er i, når det startes. De fleste produkter har derfor ikke en form for ”selvtest”, der tjekker at alt er i orden, før et produkt startes.

Hele Smart Grid-konceptet tager på forbrugssiden udgangspunkt i automatisk ind- og udkobling af produkter med et relativt højt energiforbrug. Disse produkter startes, når elprisen er lav og afbrydes så vidt muligt, når elprisen er høj. Dog kan ikke alle produkter med højt energiforbrug anvendes. Det kan fx ikke forventes, at forbrugeren vil acceptere, at der ikke kan laves mad, før elprisen er lav. Endelig er der produkter, der som tidligere nævnt, ikke er tiltænkt til at måtte bruges uden at der er personer tilstede, fx en brødrister.

Både Lavspændingsdirektivet og Maskindirektivet benytter overensstemmelsesvurdering, hvor fabrikanten udfærdiger en erklæring og tager ansvar for produktet. Begge direktiver benytter en ordning med harmoniserede standarder. Det betyder, at hvis kravene i standarden overholdes, er der formodning om, at produktet er i overensstemmelse med de væsentlige sikkerhedskrav i direktivet. Alt tyder således på, at de eksisterende lovgivningsrammer på EU-niveau (lavspændingsdirektivet) kan benyttes uændret for produkter, der tilsluttes Smart Grid. Eneste forudsætning er, at standarderne, der giver formodning om overensstemmelse, er blevet opdateret. Så der udtrykkeligt er taget stilling til, om produkttypen er beregnet til Smart Grid og eventuelt hvilke særlige betingelser, der skal opfyldes i den forbindelse.

I forbindelse med standardisering af husholdningsprodukter er man nødt til at gennemgå alle de produktspecifikke dele og for hvert enkelt tillæg afgøre, om produktet er egnet til fjernstyring eller ej. Hvis det ikke er egnet, så må det skrives specifikt i standarden. Omvendt må man specificere, hvilke ekstra sikkerhedskrav der skal til, for at man kan tillade fjernstyring af produkter.

Nogle produkter er allerede i dag lavet med henblik på hel eller delvis automatisk styring. Nogle af disse produkttyper som fx belysningsprodukter og klimastyringsprodukter vil formodentligt ofte kunne tilsluttes og anvendes i forbindelse med Smart Grid uden væsentlige ændringer. Andre af disse produkttyper som fx elektriske ovne, vaskemaskiner og tørretumblere kan i dag fås med mulighed for, at man tidsforsinker starten. For disse produkttyper bør man fokusere på, om standardernes krav sikrer, at produktet kan startes uden, at der opstår en farlig situation.

Ligeledes bør man have fokus på sikkerheden ved den trådløse kommunikation. Det bør bl.a. sikres, at produktet kun kan fjernstyres fra de enheder, der aktivt er tilknyttet det enkelte produkt. Produktet må heller ikke starte ved et elektronisk fejlsignal. Det bør desuden fortsat være muligt at afbryde produktet både fjernbetjent og manuelt hvis der opstår en farlig situation.

Smart Grid modul

En af vejene til at få Smart Grid integreret med forbrugernes produkter er at anvende et Smart Grid modul til forbrugerprodukter. Det forventes, at der vil blive markedsført ”løse” moduler, der udformes som en adapter og indsættes som en blok imellem stikkontakten og stikproppen til et apparat. På sigt forventes det dog også, at funktionaliteten kan indbygges i relevante produkter. Det skal her bemærkes, at udfordringerne i det følgende kun er relevante for de løse moduler, da der til dem vil kunne tilsluttes en lang række forskellige produkter. Når funktionaliteten derimod indbygges, vil den være en integreret del, og dermed er sikkerheden for produktet velovervejet.

På det primitive plan kender vi i dag simple ”tænd- og sluk ure”, der kan styre en eller flere lyskilder i et hus. Et løst Smart Grid modul er en noget mere avanceret udgave af samme funktionalitet, idet man her kan fjernstyre enheden, og fordi enheden tænkes brugt bredere end de nuværende tænd- og sluk ure anvendes i dag.

I forbindelse med Smart Grid moduler kan der identificeres en række udfordringer. Den største udfordring er, at modulet anvendes til at fjernstyre produkter, som ikke er tiltænkt at kunne fjernstyres. Det kan give risiko for især brand, da standarden for det tilsluttede produkt ikke har taget højde for fjernstyring. En anden risiko er, at modulerne måske vil blive brugt til at styre større effektforbrugende produkter. Disse produkter kan potentielt bruge mere energi, end modulerne vil være designet til at håndtere. Problemstillingen kan også opstå, hvis flere produkter styres i parallel, fx ved at et modul tilsluttes en forlængerledning med flere stikkontakter. I hvor høj grad denne udfordring bliver aktuel, vil dog afhænge af hvilke testkrav, der stilles til de endelige moduler.

Et Smart Grid modul vil derudover kunne rammes af den samme udfordring i forhold til kommunikation som et produkt til uovervåget start og brug. Derfor vil det også i forbindelse med Smart Grid moduler være relevant at overveje, hvilken form kommunikationen til modulet vil antage, og hvordan den sikres bedst muligt mod fejl.

Fælles for alle disse udfordringer er, at anvendelsen af Smart Grid moduler potentielt set kan være langt mere vidtrækkende end produkter til uovervåget start og brug. Derfor vil det være relevant at overveje, hvordan modulet kan udføres og ikke mindst, hvilke oplysninger og advarsler som skal være tilgængelige under brug af modulet, for at imødegå de udfordringer, der kan opstå.

LEGAL METROLOGI

Overblik over udfordringerne

NØJAGTIG MÅLING

- Præcis måling - også når spændings- og strømkvaliteter varierer
- Målerne skal kunne fungere selvom der er elektromagnetisk støj
- Korrekt måling af elforbrug fra offentligt tilgængelige ladestandere

MÅLERE TIL OPLADNING AF ELBILER

- Fremtidigt forbrug af jævnstrøm til fx elbiler skal kunne måles

Indledning – Legal Metrologi

Fremtidens elsystem med en stor andel af vedvarende energi og en større andel af elektroniske styringer i installationerne, kan komme til at stille øgede krav til elmålere: De skal kunne måle både forbrug og produktion, kunne håndtere svingende spændings- og strømkvalitet, foretage sikker dataoverførsel og være sikret mod eltyveri - bare for at nævne nogle af de udfordringer, der kan forekomme.

En del af disse udfordringer kan have legalmetrologiske konsekvenser, dvs. konsekvenser for kvaliteten (nøjagtigheden) af målinger, hvor disse har indflydelse på sundhed, sikkerhed og gennemskueligheden af økonomiske transaktioner. I Danmark fastsætter og administrerer Sikkerhedsstyrelsen reglerne inden for legal metrologi.²⁶ Reglerne skal fremme den frie bevægelighed af måleinstrumenter inden for EU og sikre den nødvendige tillid til måleresultater der hvor de har betydning for erhvervsliv, forbrugere og myndigheder. Sikkerhedsstyrelsens regulering omfatter alene målingen, prissætningen af forbruget, er forankret hos Energitilsynet.

Nøjagtig måling

Smart Grid forventes at medføre varierende priser for strøm, afhængigt af hvad strømmen skal bruges til. Dette kan fx ske via lavere priser for elforbruget til elbiler og varmepumper end til andre elforbrugende apparater. Eller ved at elpriserne varierer i forhold til, hvornår der er overskud af el i systemet. Styringen af apparaterne – fx efter prissignaler – forventes dog ikke at komme til at ligge i elmåleren, og beregningen af den samlede pris for den forbrugte energi vil ske ud fra data indrapporteret til den kommende DataHub.²⁷ Forbrugeren skal dog stadig kunne holde sig orienteret om sit elforbrug via målerens display (se pkt. 10.5 i de væsentlige krav i Måleinstrumentdirektivet²⁸ (herefter MID)). Da prisberegningen som nævnt vil foregå uden for måleren, og dermed ikke er en del af måleren, forventes differentierede priser ikke at medføre legalmetrologiske problemer.

Dataoverførslen fra målerne skal være sikker, sådan at overførslen af måledata fra den metrologisk kontrollerede visningsenhed på måleren kan foregå uden uvedkommende påvirkning af data. Som nævnt ovenfor er det visningen på måleren, som er omfattet af legal metrologi, mens den videre transmission og behandling af måleresultatet ligger uden for Sikkerhedsstyrelsens myndighedsområde.

I forbindelse med måling af strømforbrug ved hurtig opladning af biler (ladestandere) vil der skulle udarbejdes nationale regler, som bl.a. stiller betjeningsmæssige krav til målesystemet på lige fod med benzinstandere. Disse elmålere er ikke omfattet af Sikkerhedsstyrelsens bekendtgørelse om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug.²⁹ Det skyldes, at denne bekendtgørelse kun stiller krav til forbrugsmålere, omfattet af Energistyrelsens bekendtgørelse om individuel måling af el, gas, vand og varme,³⁰ som igen kun omfatter målere, der installeres eller er installeret i eller uden for en bygning, for at måle bygningens forbrug af el m.v.

Elmålere, der anvendes til måling af elforbrug ved opladning af elbiler i enkelte husstande, vurderes både at være omfattet af MID og bekendtgørelse om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug.

²⁶ Legal metrologi, dækker regler for målinger der ligger til grund for afregning.

²⁷ <http://www.energinet.dk/DA/El/Datahub/Sider/DataHub.aspx>

²⁸ Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2004/22/EF af 31. marts 2004 om måleinstrumenter

²⁹ Bekendtgørelse 1035 af 17. oktober 2006 om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug.

³⁰ Bekendtgørelse 891 af 9. oktober 1996 om individuel måling af el, gas, vand og varme

Der kan i fremtiden opstå en øget risiko for svingende strømkvalitet som følge af den øgede mængde af forskellige digitale belastninger. Dette betyder, at strømmen ikke nødvendigvis har en sinusform, men i nogle tilfælde vil ligne støj. Samtidigt kan der i et elnet med en meget høj andel af vedvarende energi være risiko for varierende spændingskvalitet. Dette kan fx skyldes de naturligt forekommende variationer i den vedvarende energiproduktion fra fx solceller og vindmøller. Resultatet af strøm og spænding af varierende kvalitet kan i yderste konsekvens være, at målingen påvirkes.

Måleinstrumenters ydeevne er følsom over for de elektromagnetiske omgivelser. Måleinstrumenternes immunitet over for elektromagnetisk interferens er indeholdt i MID, men det bør overvejes, om de nye anvendelser og den øgede andel af digitale belastninger i installationerne medfører situationer, der ikke er indeholdt i direktivets krav.

Grænserne for spændingskvalitet, hvor målerne kan måle med en given nøjagtighed, er angivet i standarden EN 50470-1, mens støjgrænserne er angivet i EMC-direktivet.³¹ Såfremt disse ikke overholdes, vil det kunne gå ud over målerens nøjagtighed, indtil systemet igen er normaliseret. Som følge af at man er blevet opmærksom på forstyrrelser, der ikke er taget højde for i den nuværende standard, er der blevet udarbejdet en testmetode for forstyrrelser, hvor måleområdet er udvidet til også at omfatte frekvensbåndet 2 kHz – 150 kHz.

For at være i stand til at måle husstandsproduktion af el og afregne forbrugt og tilbageført strøm til forskellige priser, skal elmålere kunne måle både forbrugt og tilbageført strøm særskilt med den samme nøjagtighed. Efter Bekendtgørelse om måling af elektricitet i slutforbruget³² er det allerede et krav, at fjernaflæste elmålere skal kunne registrere aftag og levering af elektricitet særskilt, ligesom dette krav også vil blive stillet i det nye energieffektiviseringsdirektiv.

Ældre typer af mekaniske målere er normalt ikke godkendt til måling af tilbageført strøm, men en del er i stand til at gøre det med en rimelig nøjagtighed. Nye elektroniske målere kan fås med tovejsmåling, men vil formelt kun være MID-godkendt til at måle forbrug. Med mindre MID tolkes til at både at omfatte forbrugt og tilbageført strøm, vil fremtidige godkendelser af elmålere, som skal kunne måle begge veje, kunne ske ved en MID-godkendelse med en bemærkning om, at godkendelsen også gælder for tilbageført strøm.

Målere til opladning af elbiler

Som det er nu, oplades elbiler med vekselstrøm, som ensrettes til jævnstrøm i bilen. Anvendelse af vekselstrøm forventes ikke at medføre problemer, idet der vil kunne anvendes MID-målere. Det skal dog afklares af Kommissionen, om elmålere der anvendes til måling af elforbrug ved opladning af elbiler ved offentligt tilgængelige ladestandere, er omfattet af MID.

Hvis det skulle blive aktuelt at oplade elbiler direkte med jævnstrøm, vil der blive behov for jævnstrøms-elmålere. De almindeligt anvendte elmålere kan ikke på nuværende tidspunkt måle jævnstrøm, lige som det vurderes, at MID ikke er tiltænkt jævnstrømsmåling. De nuværende målere er således ikke i stand til at løse opgaven, hvorfor der i givet fald må udvikles særlige målere til at håndtere denne situation. Det er vedtaget at udarbejde en standard for jævnstrøms-elmålere i IEC-regi. Den forventes færdig medio 2015.

³¹ Europa-Parlamentet og Rådets Direktiv 2004/108/EF af 15. december 2004. om indbyrdes tilnærmelse af medlemsstaternes lovgivning om elektromagnetisk kompatibilitet og om ophævelse af direktiv 89/336/EØF.

³² Bekendtgørelse 783 af 29. juni 2011 om måling af elektricitet i slutforbruget.

Afsluttende bemærkninger

På baggrund af denne analyse vil Sikkerhedsstyrelsen prioritere, hvilke faglige udfordringer styrelsen bør have særligt fokus på i forhold til udviklingen inden for Smart Grid. Prioriteringen vil blive foretaget ud fra en samlet risikovurdering, som også vil afspejle, at nogle af udfordringerne er mere aktuelle end andre. Men det er vigtigt at understrege, at typen af indsats kan variere alt efter de konkrete udfordringer.

Sikkerhedsstyrelsen ønsker også fremover et godt samarbejde med de aktører, der på den ene eller anden måde har berøring med de sikkerhedstekniske aspekter af Smart Grid. Det er styrelsens oplevelse at en fortsat dialog skaber de bedste vilkår for, at aktørerne kan skabe gode faglige svar på de udfordringer, der måtte opstå. De aktører, der er involveret i implementeringen af Smart Grid i Danmark, bør således løbende overveje, om de udfordringer, der er identificeret i analysen, er aktuelle for dem i de konkrete projekter, de er involveret i. Så der kan tages højde for det i arbejdet med udvikling og implementering af Smart Grid.

Det er et grundlæggende krav til implementeringen af Smart Grid i Danmark, at de faglige løsninger er af høj kvalitet. Det gælder også de løsninger, der håndterer de sikkerhedstekniske udfordringer. Et Smart Grid-system, som er funktionelt og sikkert, vil være en stor gevinst for den danske infrastruktur på elområdet. Den høje faglige kvalitet vil også give et godt udgangspunkt for at eksportere systemer og løsninger til udenlandske markeder, der efterspørger dansk know-how på området.

Bilag A Regulering af el- og målesikkerhed i Danmark

Dette bilag indeholder en oversigt over nogle af de mest centrale love, bekendtgørelser og direktiver inden for el- og målesikkerhed i Danmark:

Danske regler om elsikkerhed

Stærkstrømsloven³³

Regulerer den overordnede elsikkerhed i Danmark. Indeholder hjemmel til bl.a. myndighedsopgaver omkring tilsyn og kontrol, til udstedelse af stærkstrømsbekendtgørelsen og til at nedsætte Det Tekniske Sikkerhedsråd.

Elinstallatørloven³⁴

Fastlægger kravene til at opnå og bevare elautorisation.

Administrationsbekendtgørelsen³⁵

Fastlægger detaljerede bestemmelser om tilsyn og kontrol, om indberetninger til styrelsen og ansvar for anlæg m.m. Indeholder også de bestemmelser, der handler om straf for overtrædelse af stærkstrømsbekendtgørelsen.

Oplysningsbekendtgørelsen³⁶

Her fastsættes nærmere regler for oplysning om begrænsninger i retten til at installere elektrisk materiel i faste stærkstrømsinstallationer. Reglerne skal sikre, at forbrugerne kan blive gjort bekendt med disse begrænsninger, inden materiellet handles.

Stærkstrømsbekendtgørelsen³⁷

Stærkstrømsbekendtgørelsen indeholder en række detaljerede tekniske krav og regler på elområdet. Reglerne hviler for en stor dels vedkommende på de internationale standarder som er udarbejdet på de faglige områder. Stærkstrømsbekendtgørelsen består af en række afsnit som beskrives kort i det følgende:

Afsnit 2- Udførelse af højspændingsanlæg

Angiver kravene til etablering af højspændingsanlæg, med henblik på at sikre at disse dimensioneres korrekt, og udføres med tilstrækkelig beskyttelse, så de ikke udgør en fare.

Afsnit 5 - Drift af højspændingsanlæg

Dette afsnit angiver krav til drift af højspændingsanlæg, herunder beskrivelse af de forskellige roller i driften, samt forholdsregler ved arbejde på anlæggene.

³³ Lov nr. 251 af 6. maj 1993 om elektriske stærkstrømsanlæg og elektrisk materiel med senere ændringer.

³⁴ Lov nr. 314 af 5. maj 2000 om autorisation af elinstallatører m.v. med senere ændringer.

³⁵ Bekendtgørelse nr. 177 af 20. marts 1995 om administration m.v. af stærkstrømsloven med senere ændringer

³⁶ Bekendtgørelse nr. 1051 af 8. december 2003 om oplysningspligt ved salg og markedsføring af elektrisk materiel til forbrugere med senere ændring

³⁷ Afsnittene kan findes på Sikkerhedsstyrelsens hjemmeside; <http://www.sik.dk/Professionelle/El/Love-og-regler-inden-for-elbranchen/Staerkstroemsbekendtgørelsen>

Afsnit 5A - Arbejde i nærheden af højspændingsanlæg

Beskriver hvilke forholdsregler, som entreprenører skal tage når de arbejder i nærheden af højspændingsanlæg.

Afsnit 6 - Elektriske installationer

Dette afsnit angiver kravene til danske elinstallationer op til 1000 V vekselspænding og 1500 V jævnspænding.

Afsnit 6A - Tillæg til afsnit 6

Afsnittet indeholder bl.a. regler om solcellesystemer og midlertidige elektriske installationer

Afsnit 6B - Tillæg til afsnit 6

Afsnittet vedrører regler om HPFI-afbrydere i alle nye installationer.

Afsnit 6C - Tillæg til afsnit 6

Afsnittet angiver særlige danske krav til stikkontaktsystemer.

Afsnit 6D - Tillæg til afsnit 6

Afsnittet indeholder krav til installationsstikforbindelser.

Afsnit 8 - Krav om supplerende beskyttelse

Afsnittet fastlægger kravene til eksisterende installationer i Danmark om beskyttelse med HFI- eller HPFI-afbrydere.

Afsnit 9 - Udførelse af højspændingsinstallationer

Afsnittet vedrører udførelse af højspændingsinstallationer. Bestemmelserne for sekundære højspændingsinstallationer omfatter også visse bestemmelser for tilhørende lavspændingsinstallationer.

Danske regler om legal metrologi

Målerbekendtgørelsen³⁸

Implementering af Måleinstrumentdirektivet (MID) i Danmark. Bekendtgørelsen fastsætter krav for elmålernes nøjagtighed, samt udpegning af notificerede organer.

Elmålerbekendtgørelsen³⁹

Fastsætter regler om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug.

EU-direktiver

Lavspændingsdirektivet⁴⁰

EU-direktiv omkring sikkerhed for lavspændingsprodukter.

³⁸ Bekendtgørelse nr. 436 af 16. maj 2006 om ikrafttræden af EF-direktiv om måleinstrumenter (MID) og om udpegning af notificerede organer med senere ændringer.

³⁹ Bekendtgørelse nr. 1035 af 17. oktober 2006 om måleteknisk kontrol med målere, der anvendes til måling af elforbrug.

⁴⁰ Europa-parlamentets og rådets direktiv 2006/95/EF af 12. december 2006 om tilnærmelse af medlemsstaternes lovgivning om elektrisk materiel bestemt til anvendelse inden for visse spændingsgrænser (kodificeret udgave).

Maskindirektivet⁴¹

EU-direktiv omkring sikkerhed på maskiner. Maskindirektivet er fokuseret på de mekaniske forhold og henviser til bestemmelserne i Lavspændingsdirektivet for så vidt angår de elektriske sikkerhedskrav.

Måleinstrumentdirektivet⁴²

EU-direktiv omkring målere til forbrugsafregning. Direktivet stiller krav til nøjagtighed, samt forbrugeres adgang til data.

EMC-direktivet⁴³

EU-direktiv der omhandler produkters maksimalt tilladte elektromagnetiske stråling.

⁴¹ Europa-parlamentets og rådets direktiv 2006/42/EF af 17. maj 2006 om maskiner og om ændring af direktiv 95/16/EF (omarbejdning).

⁴² Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2004/22/EF af 31. marts 2004 om måleinstrumenter.

⁴³ Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2004/108/EF af 15. december 2004 om indbyrdes tilnærmelse af medlemsstaternes lovgivning om elektromagnetisk kompatibilitet og om ophævelse af direktiv 89/336/EØF

Bilag B Aktører og myndigheder i elsystemet

Dette bilag indeholder en oversigt over nogle af de mest centrale aktører og myndigheder i det danske elsystem:

Sikkerhedsstyrelsen

Sikkerhedsstyrelsen er myndighed for teknisk sikkerhed i Danmark. Sikkerhedsstyrelsen administrer regulering omkring beskyttelse af elektriske systemer i elnettet samt elektriske installationer. Sikkerhedsstyrelsen fører desuden markedskontrol med elektriske produkter. Indenfor målerområdet, er Sikkerhedsstyrelsen ansvarlig myndighed for den legale metrologi, dvs. målinger til afregningsformål. Sikkerhedsstyrelsen udpeger bemyndigede (notificerede) organer til gennemførelse af overensstemmelsesvurdering af måleinstrumenter omfattet af Måleteknisk Direktiv (MID) og bemyndiger også laboratorier til at foretage verifikation af målere og målesystemer omfattet af Sikkerhedsstyrelsens regler om måleteknisk kontrol.

Arbejdstilsynet

Arbejdstilsynet er myndighed for maskindirektivet. Dette betyder, at Arbejdstilsynet varetager myndighedsopgaverne i forbindelse med maskiner, som er CE-mærkede op imod maskindirektivet. For ældre ikke CE-mærkede maskiner, varetager Sikkerhedsstyrelsen dog myndighedsopgaverne i forbindelse med elektrisk materiel på maskinerne.

Trafikstyrelsen

Trafikstyrelsen er myndighed for selve (el-)bilen og dens sikkerhed. Trafikstyrelsen håndterer bilens sikkerhed herunder sikkerhedsforanstaltninger i forbindelse med eventuelle ulykker. Grænsefladen mellem Sikkerhedsstyrelsen og Trafikstyrelsen ligger i stikket, der tilsluttes bilen. Sikkerhedsstyrelsen deltager i standardiseringsarbejdet omkring elbiler vedrørende ladestandere og ladesystemer, og vil derigennem søge at påvirke producenterne til at indtænke elsikkerhed, når de udvikler elbiler og ladestandere.

Energistyrelsen

Energistyrelsen har myndighedsansvaret for, at elnettet fungerer tilfredsstillende, og at kravene til forsyningssikkerhed og spændingskvalitet overholdes. De har bemyndiget Energinet.dk til at udforme tekniske forskrifter for anlæg tilsluttet nettet.

Energitilsynet

Energitilsynet regulerer forholdene på markederne for elektricitet, naturgas og fjernvarme. På elområdet er reguleringen koncentreret om netselskaberne, men Energitilsynet fastsætter også prisen på elektricitet til forsyningspligt-kunder. Energitilsynet varetager kontrollen med netselskaberne for at sikre effektivitet og forbrugerbeskyttelse.

Energinet.dk

Energinet.dk har som systemansvarlig transmissionsvirksomhed det overordnede balanceansvar i det danske elsystem, og er derfor overordnet ansvarlig for at forbrug og produktion passer sammen. Det er derfor Energinet.dk, der udarbejder forbrugsprognoser, samt køreplaner for kraftværkerne, så det kan sikres, at elsystemet hele tiden er i balance. Derudover er Energinet.dk ansvarlig for etablering, drift og vedligehold af transmissionsnettet, altså elnettet fra spændingsniveauet 100 kV og op efter.

Netselskaberne

Under spændingsniveauet 100 kV, skifter ansvaret fra Energinet.dk til netselskaberne. Der er udarbejdet en grænseaftale mellem disse aktører. Netselskaberne er ansvarlige for etablering, drift og vedligehold af distributionsnettet, fra 230/400 V til 100 kV. Netselskabernes ansvarsområde slutter typisk ved kabelskabets afgang, hvorefter det er slutbrugerne (fx forbrugere og virksomheder), der som ejere overtager ansvaret for deres egen installation.

Installatører

Det er de autoriserede elinstallatører, der typisk etablerer installationerne hos den enkelte forbruger eller virksomhed.

Forbrugerne

Når elinstallatøren færdigmelder installationen overgår ansvaret for drift og vedligehold af installationen til den forbruger, der ejer installationen.

Fabrikanter og producenter

Når en fabrikant eller importør vil markedsføre et produkt, skal det ske i henhold til bestemmelserne i de relevante EU-direktiver. Et produkt kan godt være dækket af flere direktiver, og det er fabrikantens eller importørens ansvar at undersøge og kontrollere dette. Det betyder blandt andet, at man skal sikre sig, at produktet overholder de fundamentale sikkerhedskrav. I praksis kan det gøres ved at afprøve produktets sikkerhedsmæssige egenskaber i henhold til en relevant standard. Det er fabrikantens eller importørens ansvar, at produktet er sikkert.

Bilag C Inddragede aktører

I forbindelse med Sikkerhedsstyrelsens arbejde med analysen, er følgende aktører inddraget;

- Det Tekniske Sikkerhedsråd (DTS) – Rådgivende organ for Erhvervs- og vækstministeren, samt Sikkerhedsstyrelsens direktør.
- Eludvalget – Underudvalg under Det Tekniske Sikkerhedsråd
- Energinet.dk – Systemansvarlig transmissionsoperatør i Danmark.
- Dansk Energi – Brancheorganisation for netselskaberne
- Dong Energy – Netselskab
- Energi midt – Netselskab
- Energi Fyn – Netselskab
- SE – Netselskab
- Eurisco – Forskningsorienteret selskab med fokus på Smart Grid
- SEAS-NVE – Netselskab
- Esbjergværket – Kraftværk
- Nordisk komité for samordning af elektriske sikkerhedsspørgsmål (NSS)
- Whirlpool – Hvidevareproducent fra Italien
- BSH – Bosch/Siemens hvidevarer – Hvidevareproducent fra Tyskland
- DTU – Danmarks Tekniske Universitet

