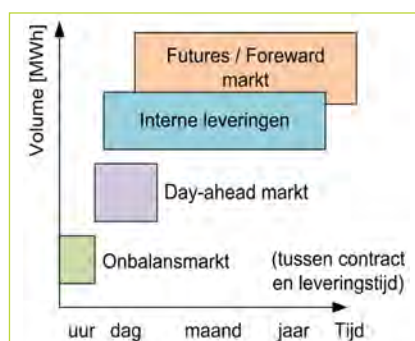


ICT oplossingen bieden uitkomst

Stabiliteit elektriciteitsnet in gevaar?

Elektriciteit is een essentieel onderdeel van de moderne samenleving. Het elektriciteitssysteem heeft als doel om elektrische energie op een betaalbare en betrouwbare wijze te leveren aan zijn afnemers. De stabiliteit van dit systeem komt echter steeds meer in gevaar als gevolg van de snelle opkomst van een duurzame CO₂-neutrale centrale energievoorziening (bijv. windparken), de snel veranderende mix van decentrale energiebronnen, de toegenomen elektrificatie aan de vraagkant (denk aan de toename van elektrisch vervoer en inzet van warmtepompen) en de doorgaande deregulatie van de energiemarkten. Dit vraagt om een aanpassing van het elektriciteitssysteem en bijbehorende coördinatiesystemen, waarbij technische, commerciële en regelgevende uitdagingen een rol spelen. De sterk toenemende fluctuatie van het elektriciteitsaanbod, de toenemende elektrificatie en de toekomstige ICT intensieve maatschappij vraagt om een evolutie van het huidige elektriciteitssysteem naar een slim elektriciteitssysteem, het zogenaamde smart grid.

Ir. P. (Peter) Schrijvers, werkzaam bij Boersema
Installatie Adviseurs



-Figuur 1- Tijdschalen en handelsvolumes op verschillende Wholesale markten

Op de huidige elektriciteitsmarkt worden hoeveelheden energie verhandeld op een korte en lange termijn groothandelsmarkt. Dit wordt gezamenlijk de 'Wholesale markt' genoemd. Deze elektriciteitsmarkt is onderverdeeld in:

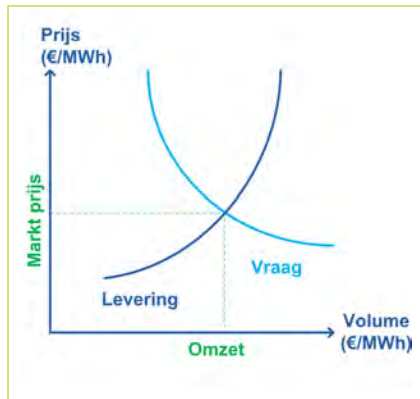
- lange termijn markt; opgedeeld in de future en forward markt;
- korte termijn markt; opgedeeld in de day-ahead en intra-day spot markt;
- interne leveringen; bij bezit van een elektriciteitscentrale;
- onbalansmarkt; markt voor levering van netondersteunde services.

Deze markten worden opeenvolgend hierna beschreven.

MARKTEN EN HUN WERKING

Lange termijn groothandelsmarkt

Op de Wholesale lange termijn markt wordt energie over-the-counter (OTC) verhandeld op basis van bilaterale forward contracten op de zogenaamde OTC financiële markt of verhandeld op basis van gecentraliseerde future exchanges doormiddel van toekomstige contracten op de zgn. future markets. Korte termijn groothandelsmarkt



-Figuur 2a en b- Ontstaan van prijsevenwicht; Day-ahead markt - APX Power NL Hourly [1]

Op de Wholesale spotmarkt wordt een hoeveelheid energie 'on the spot' verhandeld door een exchange, een 'energiemarkt'. Deze handel vindt 24-uur van tevoren plaats op de day-ahead of de intra-day spot markt. In Nederland is de APX de spotmarkt waar wordt gehandeld in MWh-uurprijzen. Figuur 2a toont het prijsevenwicht dat ontstaat nadat de onderhandeling tussen levering en vraag heeft plaatsgevonden. Figuur 2b toont de APX Power NL Hourly. Op deze power index kunnen producenten voor ieder uur van de dag aangeven voor welke prijs zij welke hoeveelheid energie kunnen produceren. Gebruikers kunnen voor ieder uur aangeven voor welke prijs zij welke hoeveelheid energie willen afnemen.

- Kenmerken van de huidige spotmarkt zijn:
- standaardisatie van handel voor korte termijn producten;
 - transparantie van marktoperatie en informatie;
 - promotie van concurrentie en liquiditeit.

Onbalansmarkt

Aanvullend is er de onbalansmarkt voor de levering van aanvullende elektrische energie als dynamische netondersteuning. De onbalansmarkt biedt ondersteuning van energietransmissie van opwekker tot afnemer en zorgt voor het in stand houden van een betrouwbare werking van het elektriciteitssysteem. Tennaet, de landelijke netbeheerder, kan weliswaar met speciale computerprogramma's de levering van vraag en aanbod een dag van tevoren redelijk nauwkeurig per kwartier voorspellen en op elkaar afstemmen. Door afwijkingen t.o.v. inschatting kan in de praktijk een verschil ontstaan. Deze situatie wordt een onbalans genoemd en moet snel worden weggeregeld (bijv. gesuppleerd) met behulp van regelvermogen om te voorkomen dat o.a. de netfrequentie (50Hz in Europa) niet teveel gaat afwijken. Deze netondersteunende activiteit wordt een ancillary service genoemd.

De eerste balancerende dienst wordt geleverd door primair vermogen, daarna gevolgd door secundair en tertiair vermogen (mits noodza-

Type ancillary services:

- operationele reserves (incl. balans reserves)
- reactief vermogen voor spanningsregulering
- oplossen van interne transmissie constraints
- oplossen van congesties op landovergrenzende lijnen
- middel om het systeem te herstarten

-Kader 2- Ancillary services binnen de elektriciteitslevering

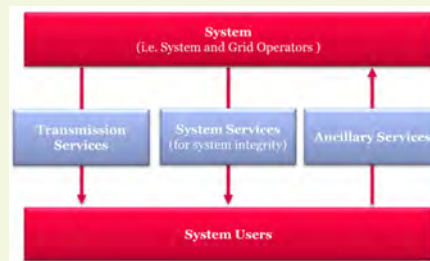
kelijk). Kader 1 geeft een korte toelichting van de verschillende vormen van regelvermogen. Met de grensoverschrijdende handel in reserves, de aanleg van meer interconnectoren voor import en export (verbindingen tussen landen) en de reservering en uitwisseling van de beschikbare interconnectiecapaciteit is er de laatste jaren een toename geweest van de capaciteit voor stabiliteitshandhaving binnen het Europees elektriciteitssysteem. Figuur 3 in tabel 2 toont de opbouw van de onbalansmarkt. Bovenaan de system operators, in het midden de typen ondersteunende services als onderdeel van een markt gebaseerd elektriciteitssysteem en onderaan de gebruikers.

MECHANISMEN EN ROLLEN

Het toekomstige elektriciteitsnetwerk vraagt om slimme vormen van energiemanagement. Wereldwijd zijn er verschillende wijzen van automatische response programma's bekend om eindgebruikerapparatuur op afstand in/uit te schakelen. De literatuur onderscheidt vier hoofdcategorieën van smart grid energie management (demand side management) [3]. Tabel 3 geeft per categorie een samenvatting van de karakteristieken en de voor- en nadelen. De categorie 4, 'markt integratie (market-based control)' heeft een hoge marktefficiëntie als gevolg van een vooraf bekende prijsreactie en het gemak van schaalbaarheid. Daarnaast biedt het door aggregatie een zekere mate

1. Primair regelvermogen wordt ingezet om de netfrequentie binnen 30 seconde te stabiliseren
2. Secundair regelvermogen wordt ingezet om de netfrequentie binnen 900 seconde te herstellen naar 50 Hz
3. Tertiair regelvermogen wordt ingezet als reservevermogen voor preventie en nazorg

-Kader 1- Primair, secundair en tertiair regelvermogen



-Figuur 3- Transmission, system and ancillary services in market-based electrical power systems [2]

van privacy borging. Hiermee is het de meest sterke wijze van coördinatie. Een dergelijk coördinatiesysteem kan gebruik maken van lokale agents die op basis van hun individuele besturingsdoelen beslissen wanneer een apparaat in-/uitschakelt (bijv. een elektrische boiler of een wasmachine). Deze technologie is inmiddels bewezen toegepast in het door TNO en DNV GL proefproject The Power Matching City.

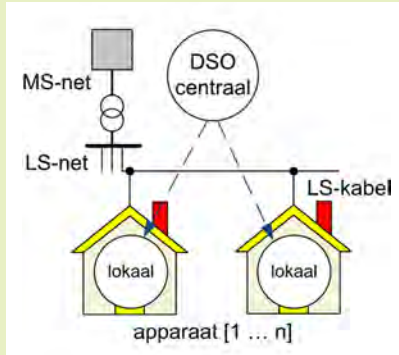
Werking market-based control mechanisme

Market-based control ontstaat door een verbinding tussen de klassieke besturingstheorie en microeconomics. Figuur 4a, op de volgende pagina, toont de klassieke standaard closed-loop controller om het dynamisch gedrag van een proces te besturen. Hierbij is de State error (afwijking tussen gewenste waarde en feitelijke waarde) veelal bepaald door een vast setpoint. Als we met deze klassieke besturingsgedachte de vraag van een lokaal proces en de procesinput koppelen aan een maximale vraagprijs of minimale leveringsprijs, bepalen ook technische en financiële randvoorwaarden het starten/stoppen van het proces. De state error is daarmee van meer (omgevingsfactoren) afhankelijk geworden, zoals prijs en tijdstip van levering. Acceptatie door de gebruiker (verwerkt in softwareregels) speelt dan een rol bij het bepalen of de wasmachine wel of niet moet gaan draaien, of dat de elektrische auto

1. Top-down switching

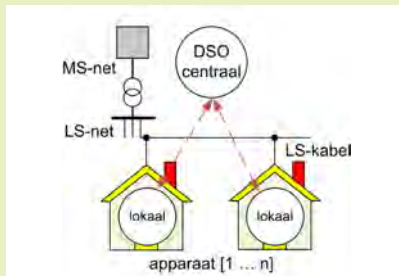
Voor- en nadelen:

- beslissingen worden centraal genomen
- communicatie in één richting, meest eenvoudig vorm
- groep van apparaten worden (in/uit) geschakeld door een centraal commando van DSO (multicast communicatie model)
- nadeel: aanpak negeert gebruikerswensen en status van apparaat



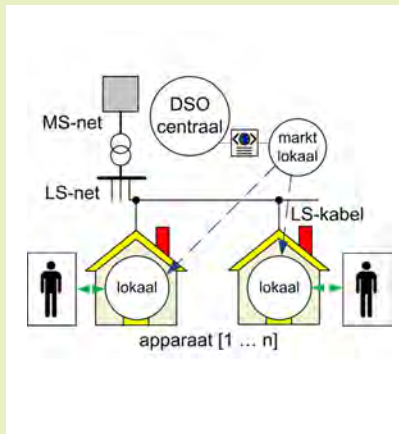
2. Gecentraliseerde optimalisatie

- beslissingen worden centraal genomen
- communicatie in twee richtingen
- intelligentie centraal: lokale beslissingen worden centraal gemaakt (client-server communicatie model)
- nadeel: privacy issues en meer dataverkeer naar één centraal punt waardoor beperkt schaalbaar



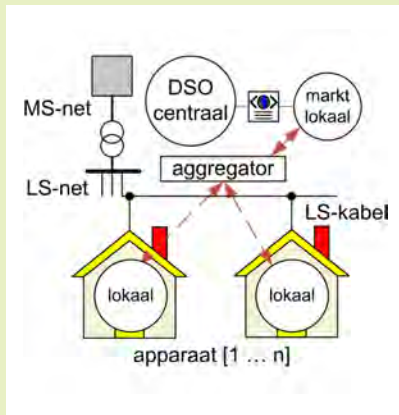
3. Prijs reactie

- beslissingen worden lokaal genomen.
- communicatie in één richting, lage complexiteit.
- dynamisch prijsprofiel (+24u) wordt naar een energiemanagement systeem van alle gebruikers verzonden.
- gebruiker beslist zelf wanneer apparaat wordt ingepland / ingeschakeld. Privacy geborgd.
- nadeel: marktinefficiëntie, onnauwkeurig, voorspellingsmodel prijsreactie van de pool noodzakelijk voor gewenste reactie.

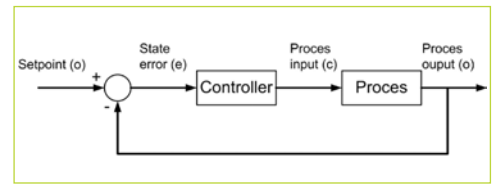


4. Markt integratie (market-based control)

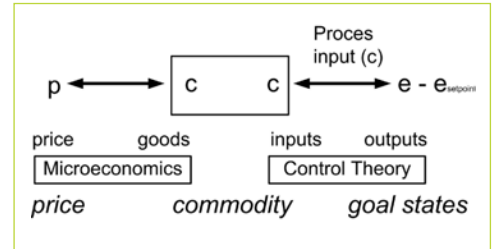
- beslissingen worden lokaal genomen
- communicatie in twee richtingen.
- apparaat neemt deel aan een geautomatiseerde e-markt. (P2P of client-server communicatie model)
- communicatie gebaseerd op prijs en energie volumes
- bij data aggregatie is privacy geborgd
- zowel lokale als centrale beslissingen zijn geautomatiseerd
- de bedrijfswijze van lokaal apparaat is gebaseerd op optimalisatie van economische- en gebruikers-doelen.
- prijsreactie van de pool vooraf bekend en daarmee ook de vraag naar en levering van energie. Daardoor een sterk coördinatie mechanisme.



-Kader 3- Hoofdcategorieën smart grid energie management: mechanismen en rollen (MS-net = middenspanningsnet (Enexis, Stedin, Alliander etc.); LS-net = laagspanningsnet)



-Figuur 4a- Standaard closed-loop controller om het dynamisch gedrag van een proces te besturen



-Figuur 4b- Koppeling microeconomics en closed-loop besturingstheorie

wel of niet opgeladen moet worden.

Er ontstaat een onderhandelingspel over prijs dat invloed heeft op de elektriciteitsvraag. Figuur 4b toont de koppeling tussen microeconomics en besturingstheorie die hieruit ontstaat. Uit het toekomstige setpoint en voorspelling van de randvoorwaarden volgt een vraag-/leveringscurve met een tijdschizont van bijvoorbeeld 24 uur. De individuele biedingscurves worden aangeboden op een elektriciteitsmarkt. Vervolgens bepaalt de markt uit een verzameling van biedingen een evenwichtsprijs voor de levering van elektriciteit. Bij deze prijs is vraag en aanbod binnen het cluster in balans. Binnen het cluster ontvangt elk individueel apparaat om de 5 min. (voorbeeld) een prijsupdate, waarmee elke individuele agent bepaalt of het apparaat zal worden in- of uitgeschakeld. Door de voorspellingshorizont en het iteratieve karakter van het mechanisme is de prijsreactie van de pool vooraf bekend en steeds nauwkeuriger te voorspellen, zodat het tijdig ingrijpen bij aanstaande capaciteitsoverschrijdingen binnen het netwerk en het bewaken van andere netconstraints prijsbeïnvloeding mogelijk zijn.

SMART GRID ALS MEERWAARDE

Definitie Smart Grid

Het op grote schaal integreren van duurzame energiebronnen met een toenemende leveringonzekerheid vereist flexibiliteit dat ingevuld kan worden met een smart grid. Definitie: 'Het smart grid is een elektriciteitsnetwerk dat flexibiliteit levert en slim kan omgaan met een wisselend aanbod en vraag naar elektriciteit doormiddel van ICT oplossingen'. Het smart grid is een middel om deze flexibiliteit te leveren.

Facilities voor het Smart Grid

Het smart grid gebruikt slimme ICT algoritmen en oplossingen om het huidige elektriciteitsstelsel om te vormen tot een slim elektriciteitsnetwerk dat in staat is om de toenemende integratie van duurzame energie in goede banen te leiden, te zorgen voor betaalbaarheid en de continuïteit van levering te garanderen. Het smart grid biedt marktkansen om nieuwe producten en diensten te leveren aan consumenten en bedrijven. De optimalisatie van de keten: energie, markt en consument vindt plaats door bij prijsvorming een balans tussen vraag en aanbod (commercieel) aanvullend rekening te houden met technische gerelateerde randvoorwaarden als net constraints (netwerkbeheerders). Deze orkestratie is alleen mogelijk als de consument bereid is om keuzes te maken rondom flexibel gebruik en levering van elektriciteit. Figuur 5 toont samenvattend zes key values van het smart grid: integratie, optimalisatie, kosten besparing, kansen, flexibiliteit en continuïteit.

De baten van flexibiliteit geleverd door de consument voor de BV Nederland zijn op basis van praktijkmetingen berekend op 1 tot 3,5 miljard Euro [4]. Deze baten bestaan uit vermeden of uitgestelde netkosten en waarde voor energiemarkten. Op het moment dat netwerkbeheerders een beroep kunnen doen op de flexibiliteit van apparaten van consumenten, hoeven netbeheerders minder te investeren in onderhoud en netverzwaringen. Dit geldt voor alle spanningsniveaus en tussenliggende transformatoren. Daarnaast wordt er bespaard op vermogensverliezen doordat vermogen over minder grote afstanden getransporteerd hoeft te worden.

De baten van flexibiliteit geleverd door de consument voor de BV Nederland zijn op basis van praktijkmetingen berekend op 1 tot 3,5 miljard Euro [4]. Deze baten bestaan uit vermeden of uitgestelde netkosten en waarde voor energiemarkten. Op het moment dat netwerkbeheerders een beroep kunnen doen op de flexibiliteit van apparaten van consumenten, hoeven netbeheerders minder te investeren in onderhoud en netverzwaringen. Dit geldt voor alle spanningsniveaus en tussenliggende transformatoren. Daarnaast wordt er bespaard op vermogensverliezen doordat vermogen over minder grote afstanden getransporteerd hoeft te worden.

Multifunctioneel energiemangement

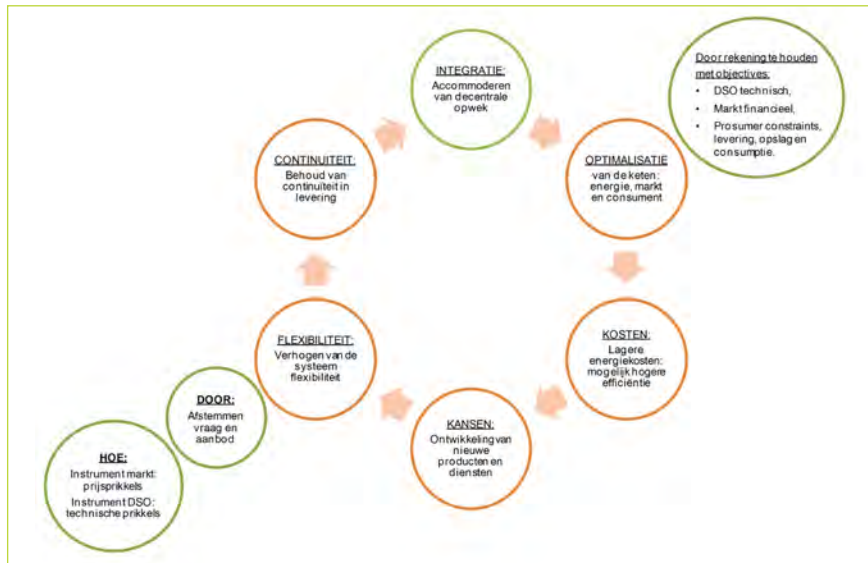
Met de komst van de slimme meter is energiefedback door data-analyse mogelijk. Een stap verder is het slim besturen en schakelen door middel van multifunctioneel energiemangement. Hierbij is het mogelijk om de vraag, levering en opslag van elektriciteit in huis automatisch te coördineren.

HAARVATEN VAN HET NET

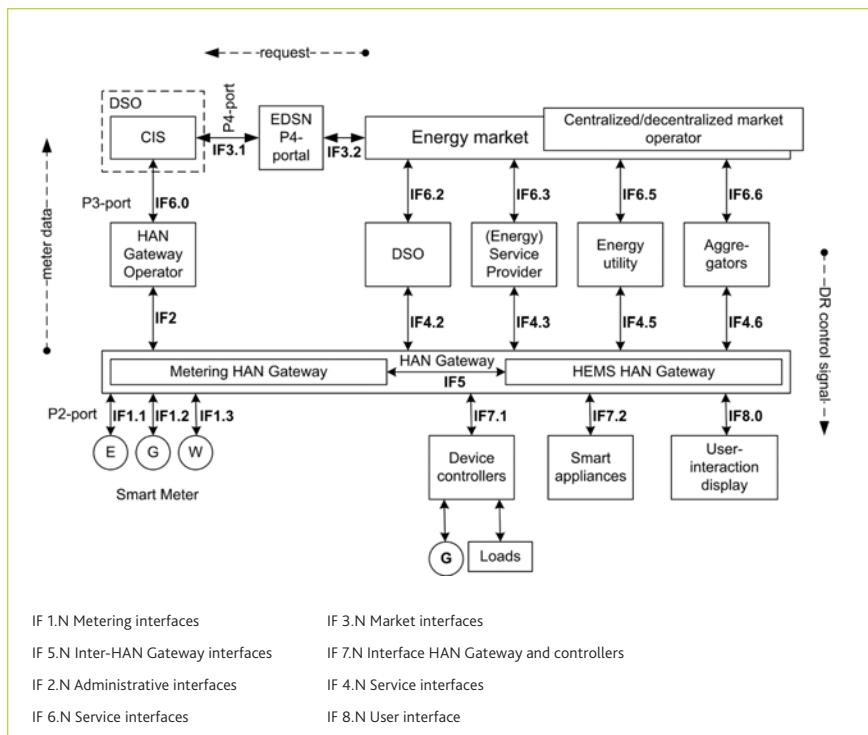
Om het elektriciteitsnet geschikt te maken voor het implementeren van een smart grid moet er aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan. Deze worden hierna kort beschreven.

Komst slimme meter

De huidige landelijke uitrol van de slimme meter en meter-infrastructuur zorgt voor de kans om een slimme woning, een slim gebouw en industrie te koppelen aan het smart grid.



-Figuur 5- Key values van het smart grid



-Figuur 6- Service-based meter infrastructuur: interface groepen en hun datastromen (NTA 8130) [6], [7]

Service-based meter infrastructuur

Smart metering is een manier om netwerken flexibel te maken. Een standaard architectuur voor smart metering wordt geformuleerd in de NTA 8130. Echter toont deze standaard niet hoe één en ander met het netwerk gekoppeld kan worden. Figuur 6 toont een toekomstige meter-infrastructuur voor het faciliteren van lokale vraag-/aanbodsturing doormiddel van energiemangement devices. Deze meter-infrastructuur is het resultaat van een uitvoerige literatuurstudie en bevindingen in een eerder uitgevoerd onderzoek [5]. Belangrijke aandachtspunten voor de

meet- en communicatieinfrastructuur zijn databescherming (security), continuïteit, interoperabiliteit, compatibiliteit, netwerkstabiliteit en fout tolerantie [5]. Een bepaalde mate van gegevensbescherming wordt bereikt door data aggregatie en versleuteling. Continuïteit is van belang voor de bedrijfsvoering. Beschikbaarheid wordt nog belangrijker als sprake is van real-time sturing zoals het geval is bij demand response mechanismen. Het belang van interoperabiliteit hangt af van het aantal interacties binnen het systeem en de variatie in systeeminterfaces voor communicatie en datastructuren. Standaarden

voor informatie en communicatie zijn van groot belang om systemen in begrijpbare taal onderling informatie uit te laten wisselen. Het feit dat het aantal verschillende spelers aan de onderzijde van de netwerkhierarchie groter zijn, hiermee tevens de grotere variatie in de gebruikte hardware en software, verklaren waarom systeem portabiliteit een belangrijk aandachtspunt is binnen een decentrale meterarchitectuur. Een robuust communicatienetwerk is noodzakelijk om data-uitwisseling voor demand response mechanismen mogelijk te maken. Fout tolerantie, het aantal opties om door te gaan na een fout (bijvoorbeeld na een communicatiestoring), wordt ondervangen met een lokale database voor gegevensopslag in een smart meter.

Ondersteunende diensten: Webservices

Productievoorspelling vanuit een clustergedachte als in Virtual Power Plants (VPP's). Meerdere productie-eenheden zijn geografisch verdeeld maar vormen samen één producerende eenheid op basis van een portfolio. Bedrijfsvoering en planning zijn de verantwoordelijkheden van de VPP operator. Voor deze planning is informatie over de te verwachten consumptie, productie en prijs noodzakelijk. Samen met de mate van flexibiliteit in het cluster is het mogelijk om een optimale bieding te doen op de Wholesale market. Na het sluiten van de markt ontvangt de operator een day-ahead schema waarmee de optimale inzet wordt bepaald en geoptimaliseerd in real-time.

STAND DER TECHNIEK

Use cases in ontwikkeling: functie en doel
Digitale use cases voor opwekking, transmissie en distributie netwerken, retailers en aggregators, consumers en prosumers en nieuwe marktplatformen worden op dit moment ontwikkeld. De functies van deze use cases zijn divers en bieden voordelen op uiteenlopende terreinen. Hierna volgt een korte toelichting op de meest relevante voorbeelden van deze use cases.

Retailers en aggregators

Use cases die zich richten op elektronische markt waarbij de technische en financiële randvoorwaarden van de netbeheerder(s), markt en consumenten een rol spelen. De technische (DSO) en commerciële aggregators (retailers). Technische aggregators zijn verantwoordelijk voor veilige bedrijfsvoering en het oplossen van capaciteitsproblemen doormiddel van congestion management door flexibiliteit in te kopen. Commerciële aggregators zijn gedefinieerd als de spelers die energie en regelbaar vermogen (flexibiliteit) namens

hangesloten en verhandelen op een elektriciteitsmarkt. Dit kan via een pool, bilateraal op contractbasis door het gebruiksprofiel van de gebruikers te beïnvloeden door prijsprikkels. Andere use cases richten zich op een zogenaamde Virtual Power Plant (VPP) gedachte, waarbij meerdere producerende eenheden geografisch zijn verdeeld maar virtueel als één producerende eenheid op portfoliobasis acteert.

Participatie van de consument op de energiemarkt

Use cases die zich richten op energiemangement door gebruik te maken van Big data en Internet-of-Things (IoT) met als doel; vraag en aanbod optimalisatie door piekverschuiving, integratie van flexibele vraag, het voorkomen van netverzwaringen en het reduceren van verliezen.

Integratie van EV en opslag

Use cases die zich richten op gedecentraliseerde coördinatie van gedistribueerde duurzame opwekkers in combinatie coördinatie schema's voor elektriciteitsopslag en elektrisch vervoer.

Nieuwe digitale marktplatformen voor flexibiliteit

Use cases die zich richten op lokale markten op wijk- en stadsniveau en cross-border markten voor het faciliteren van elektriciteitsopslag, waardering flexibiliteit (vraag en aanbod van elektriciteit), transport en levering van elektriciteit in tijden van schaarste.

SUCCESS PILOT PROJECTEN

Opdoen van ervaring met deze nieuwe energiewereld gebeurt door middel van het houden van testen in de praktijk. De belangrijkste vragen zijn daarbij hoe de energietransitie kan worden versneld, wat er nodig is om de consument te stimuleren om in actie te komen en hoe de energievoorziening kan worden verduurzaamd zonder in te leveren op betaalbaarheid en beschikbaarheid. Het proefproject Lombok in de Utrechtse wijk Lombok past de elektrische auto toe als batterij voor zonne-energie. Met de introductie van zonnepanelen en de elektrische deelauto in de wijk kunnen bewoners gezamenlijk gebruik maken van elektrisch vervoer en rijden op lokaal opgewekte elektriciteit. Dit proefproject is uniek omdat het Vehicle-To-Grid (V2G) laadpalen heeft toegepast voor zowel levering aan de elektrische auto als de opgeslagen elektriciteit uit elektrische auto's te leveren aan huishoudens. Het project heeft zijn potentie om uit te groeien tot een regionaal energiesysteem inmiddels bewezen. Andere

succesvolle proefprojecten op wijkniveau zijn PowerMatching City van TNO, DNV GL, Jouw Energie Moment en Smart Charging proefproject van Enexis.

Wat leren deze proefprojecten ons eigenlijk?

In diverse studies zijn de volgende zaken aangetoond:

- energiemonitoring creëert bewustzijn bij eindgebruikers;
- nieuwe diensten zoals het slim managen van (huishoudelijke) apparaten en lokale opslagsystemen zijn noodzakelijk;
- het bereiken van gezamenlijke kostenefficiëntie tussen de betrokken partijen: DSO, retailer en de prosumer moet mogelijk zijn door geïntegreerde en afgestemde beschikbaarheid van slimme ICT-systemen;
- duurzame energie is door slimme sturing op grote schaal te integreren binnen de bestaande elektriciteitsinfrastructuur.

CONCLUSIE/SAMENVATTING

De opkomst van decentrale energiebronnen, de toegenomen elektrificatie aan de vraagkant en de doorgaande deregulatie van de energiemarkten vragen om een aanpassing van het elektriciteits-systeem en coördinatie systemen. Deze verandering brengt talloze technische, commerciële en regelgevende uitdagingen met zich mee. Het op grote schaal integreren van duurzame energiebronnen vereist flexibiliteit, i.v.m. leveringsonzekerheden (beschikbaarheid wind en zon) aan aanbodzijde.

Het smart grid is een elektriciteitsnetwerk dat flexibiliteit levert en slim kan omgaan met een wisselend aanbod en vraag van elektriciteit. Dit digitale service georiënteerde energiesysteem wordt ondersteund door ICT en is in staat om te gaan met alle technische en commerciële randvoorwaarden, waarin de consument rekt op een hoge kwaliteit en 24/7 beschikbaarheid van persoonlijke services. Slim coördineren van vraag en aanbod is noodzakelijk in een toekomstig elektriciteitsnetwerk. De vier hoofdcategorieën van smart grid energie management zijn: Top-down switching, gecentraliseerde optimalisatie, prijs reactie en markt integratie (market-based control). Marktintegratie vormt vanwege de hoge marktefficiëntie (als gevolg van een vooraf bekende prijsreactie, de schaalbaarheid en een zekere mate van privacyborging) de meest sterke wijze van coördinatie. De optimalisatie van de keten 'energie, markt en consument' vindt plaats door bij de prijsvorming voor balans tussen vraag en aanbod (commercieel) rekening te houden met technische gerelateerde randvoorwaarden

als net constraints (netwerkbeheerders). Deze orkestratie is alleen mogelijk door het inzetten van de door de consument geboden flexibiliteit. De baten van flexibiliteit geleverd door de consument zijn alleen al voor de BV Nederland op basis van praktijkmetingen berekend op 1 tot 3,5 miljard Euro.

Bij de keuze van de toekomstige smart grid architectuur spelen aspecten als data bescherming, continuïteit, interoperabiliteit, portabiliteit, netwerk stabiliteit en fout tolerantie een belangrijke rol.

Proefprojecten tonen de successen van smart grid oplossingen in de praktijk. Uiteindelijk zullen in de toekomst een groot deel van de huizen zijn voorzien van geavanceerde technologie om vraag, levering en opslag van elektriciteit doormiddel van energiemanagement automatisch te coördineren. Kortom we staan aan de vooravond van interessante technische uitdagingen en ontwikkelingen.

REFERENTIES

1. Day-ahead markt - APX Power NL Hourly,

<https://www.apxgroup.com/market-results/apx-power-nl/dashboard/>

2. Eurelectric, <http://eurelectric.org>
3. The PowerMatcher: Smart Coordination for the Smart Electricity Grid, K. Kok, Mei 2013.
4. Eindrapport PowerMatching City, KEMA Nederland BV., April 2015.
5. P. Schrijvers, "Evaluation Criteria for ICT Architectures in the System Oriented Smart Grid", master thesis work, Electrical Energy Systems group, Eindhoven University of Technology, Augustus 2014.
6. Dutch Smart Meter Requirements v4.0 final P1, Netbeheer Nederland, april 2011. <https://netbeheernederland.nl>
7. C. Wietfeld, C. Müller, J. Schmutzler, S. Fries, A. Heidenreich, H.-J. Hof, "ICT Reference Architecture Design based on Requirements for Future Energy Marketplaces," part of E-DeMa project funded by German Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), 2010 IEEE.

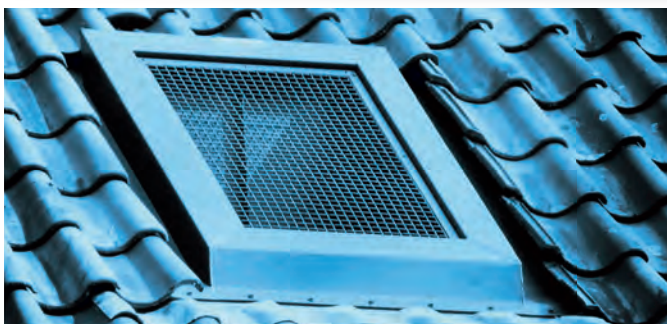


Ir. P. (Peter) Schrijvers

Wist u dat:

Smitsair gebouwen in zijn waarde laat?

smitsair.nl



De verzonken dakkappen van Smitsair zijn uniek in zijn soort. Met dit product kunt u lucht toe - of afvoeren wanneer de toelaatbare hoogte op het dak beperkt is. De architectonische lijnen van een gebouw blijven met de verzonken dakkap optimaal behouden.

Smitsair
Kwaliteit op Maat.

Smitsair Luchttechniek sinds 1945 specialist in: Luchttechnische installaties, Buitenluchtroosters, Brandkleppen, Kleppenregisters, Dakkappen, Schachtkappen, Druppelvangsers, Wasem-vetvangkappen, Geluiddempers, Luchtkanalen, Plaatwerken en Lasersnijden.