

In balans met Smart Grid

Het begrip 'Smart Grid' staat voor: toegevoegde intelligentie en communicatie voor de verbruikers en opwekkers in ons elektriciteitsnet. Waarom is dit nodig? Wat moet hiervoor gebeuren? Is het duur? Dit artikel schetst een beeld van de toekomst van ons elektriciteitsnet. Het beschrijft de context en laat zien hoe in de gebouwde omgeving effectiever gebruik gemaakt kan worden van duurzaam opgewekte energie met hulp van toegevoegde intelligentie en communicatie voor apparaten en opwekkers.

Ing. W.J.F. (Willem-Jan) Kooiman, Kuijpers Installaties Helmond

In het onderzoeksprogramma TNO Building Brains is een pad uitgestippeld naar de doelstelling 20/20/20 van de overheid. Deze doelstelling beoogt om voor 2020 20% CO₂-reductie, 20% duurzame bronnen en 20% betere efficiëntie t.o.v. 1990 te realiseren. Daarnaast is er een universele toevoeging ontwikkeld voor specifieke apparatuur die in een Smart Grid opgenomen kan worden (zie het artikel 'Een slimme koelkast voor slimme netten' elders in deze uitgave).

■ AANLEIDING

Het is 10 september 2010. Prof.dr.ir. J.G.(Han) Slootweg vangt zijn inaugurale rede aan als hoogleraar van de nieuw ingestelde leerstoel 'Smart Grids' aan de TU/e. Zijn stelling is: "Het verduurzamen van onze energievoorziening is een uitdaging van ongekende proporties". Vooral door economische belangen en natuurlijke weerstand tegen verandering komt energietransitie maar moeizaam op gang, ondanks alle goede bedoelingen. Energiegebruik moet minder, moet efficiënter, moet anders. Dit is eigenlijk allang bekend, maar velen onder ons zijn nog niet bereid hier welvaart voor in te leveren. De noodzaak is blijkbaar nog niet groot genoeg. De transitie moet echter wel doorzetten, want de fossiele

energie wordt in ras tempo duurder en uitstel zal op lange termijn een bedreiging zijn voor de wereldeconomie.

Ondertussen neemt de vraag naar elektriciteit toe en krijgen we te maken met een toename in duurzame elektriciteitsproductie. Deze duurzame elektriciteitsproductie kent een groei van 3,5% per jaar (TenneT, december 2010).

Duurzame energie uit de bronnen zon en wind is minder goed beheersbaar dan de energie uit elektriciteitscentrales. Wat zijn de consequenties wanneer deze duurzame energiebronnen op grote schaal worden toegevoegd aan ons huidige elektriciteitsnet? Wat moet er gewijzigd worden wanneer deze energie geleverd wordt vanuit verschillende punten in het net en niet vanaf een centraal punt?

Ons huidige elektriciteitsnet wordt geregeld op een frequentie van 50 Hz. Zakt deze frequentie dan betekent dit voor de elektriciteitscentrales dat er meer 'kolen op het vuur' moeten.

Het vliegwieleffect van alle roterende machines bij elkaar zorgt voor voldoende demping van de schommelingen in elektriciteitsproductie en elektriciteitsconsumptie. De meeste duurzame bronnen kennen geen vlieg wiel maar een omvormer die luistert naar

de huidige frequentie en zich hierop aanpast. Bovendien is het aanpassen van de productiecapaciteit van duurzame opwekkers in strijd met de doelstelling.

Electriciteit wordt op dit moment gezien als de energievorm van de toekomst. Logisch, want het heeft gunstige eigenschappen: het is universeel inzetbaar, het kan makkelijk duurzaam worden opgewekt en het is makkelijk te transporteren.

Voor elektriciteit zijn de volgende trends op te maken:

- we gaan steeds meer energie (dus ook elektriciteit) gebruiken;
- we gaan meer elektriciteit duurzaam opwekken;
- we verschuiven onze energievraag voor warmte en mobiliteit van fossiel naar elektrisch (die overigens met een groot verlies wordt opgewekt uit fossiele energie);
- we gebruiken duurzaam opgewekte stroom steeds effectiever;
- elektriciteit wordt niet meer alleen vanuit de centrale geproduceerd, maar de productie heeft zich over het hele netwerk in alle lagen verspreid.

■ PRAKTISCHE BENADERING

Kan het huidige elektriciteitssysteem omgaan

met deze trends? De basis is immers ruim honderd jaar geleden bedacht. Wat gaat er verkeerd en waar moet op worden gestuurd? En op welke wijze?

Dit artikel geeft een praktische benadering om een stabiel elektriciteitsnet te behouden. Daarbij wordt 'ruimte' gemaakt voor inpassing van minder goed beïnvloedbare duurzame elektriciteitsopwekkers, zoals zon en wind. Om een evenwicht in het systeem te handhaven is het nodig om de (grote) verbruikers te beïnvloeden. Voor deze invloed is flexibiliteit noodzakelijk. Het grootschalig opslaan van elektriciteit is nog steeds niet economisch rendabel om aan deze wensen tegemoet te komen.

Afstemmen en evenwicht vragen communicatie en overleg. De strategie vergt denkwerk. Voor het totaal van netwerk, communicatie en strategisch regelen is het begrip Smart Grid al ingeburgerd.

Smart Grid kan gedefinieerd worden als: 'intelligentie toegevoegd 'in/aan' de netwerken in samenspraak met gebruikers (interactief) en apparaten die samen onderhandelen over het efficiënt en effectief gebruik van (schaarse) duurzame bronnen en verbindingen'.

■ EVENWICHT

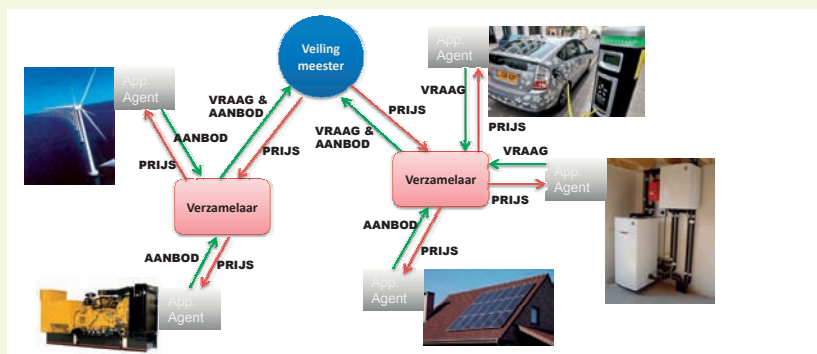
Ontwikkelaars van Smart Grids streven naar het zo effectief mogelijk gebruiken van duurzaam opgewekte elektriciteit, zodanig dat nog steeds een evenwicht blijft bestaan tussen vraag en aanbod. Waar nu het aanbod reageert op de vraag, stemmen Smart Grids de vraag af op het aanbod van duurzame elektriciteit. Als neveneffect krijgen we hierdoor piekafvlakking (peakshaving). Hierdoor kan de capaciteit van elektrische netwerken beter worden benut en kunnen uitbreidingsinvesteringen worden uitgesteld.

Toch zijn er momenten, waarop een piek ontstaat in het net, die een Smart Grid niet kan wegregelen. Denk bij voorbeeld aan de warmtepompen die op een koude dag niet meer uitschakelen en gedurende 24 uur elektriciteit nodig hebben. Dit geldt dan voor alle warmtepompen in een gebied. Hiervoor zijn andere maatregelen nodig, zoals een warmte/krachtkoppeling of een sterker net. Uiteraard blijft het belangrijk de warmtepompen zo klein mogelijk te houden volgens de filosofie van de Trias energetica.

in Hoogkerk (Groningen) draait momenteel met succes een Smart Grid voor 25 huishoudens. Dit systeem werkt met PowerMatcher-technologie, bedacht door ECN. In dit proefproject is het Smart Grid nog vrij kostbaar uitgevoerd met computertechnologie (€20.000,- per huishouden). Het kan echter eenvoudiger.

■ POWERMATCHER

PowerMatcher is niet het enige uitgewerkte Smart Grid-systeem. Maar de ontwikkeling van het systeem is al ver gevorderd. Het is op alle fronten compact en heeft haar effectiviteit inmiddels in praktijktests bewezen.



-Figuur 1- Schema powermatcher

Powermatcher is gebaseerd op het handhaven van een balans op basis van een virtuele prijs. De prijs ontstaat door de vraag- en aanbodcurves van alle deelnemende apparatuur bij elkaar op te tellen. Dit gebeurt in stappen die flexibel te maken zijn. Apparatuur geeft een biedcurve of vraagcurve door aan de verzamelaar. Deze telt de curves alvast bij elkaar op en stuurt het resultaat door naar de veilingmeester die van alle verzamelaars de vraag- en biedcurves ontvangt. Op basis van het snijpunt van beide curves ontstaat een actuele virtuele prijs. Deze prijs is losgekoppeld van de werkelijke prijs, zoals die op de APX ontstaat. Deze virtuele prijs wordt naar alle aangesloten apparatuur doorgegeven. Op basis van de eigen bied- of vraagcurve bepaalt de apparatuur zelf of hij aangaat en hoeveel vermogen hij van het net betreft. De intelligentie is dus niet centraal opgesteld maar zit in de apparatuur zelf. Dit geeft de mogelijkheid om geavanceerde programma's te maken voor bijvoorbeeld warmtepompen die tegen overmatig schakelen dienen te worden beschermd.

Voor meer informatie zie www.powermatcher.nl.

Binnen Building Brains is de 'Smart Fridge' ontwikkeld. (zie elders in deze uitgave). Deze standaard koelkast is voorzien van een kleine microprocessor met daarop 'deeply embedded PowerMatcher'. Dit betekent dat de intelligentie en draadloze communicatie is samengebracht op een printplaatje van 2 bij 5 cm. De laboratoriumtests hebben laten zien dat de Smart Fridge mee kan draaien met het systeem van Hoogkerk. Meedoen in een Smart Grid zal naar verwachting veel minder gaan kosten.

■ FINANCIËEL AANTREKKELIJK

Wanneer de deelname aan een Smart Grid financieel aantrekkelijk wordt gemaakt, is de drempel om te investeren in Smart Grid nog verder verlaagd. Dit zou bijvoorbeeld mogelijk zijn, wanneer met slimme meters de energieleveranciers per kwartier gaan afrekenen. Daarbij is voor Smart Grid-deelnemers een kostenbesparing mogelijk. Smart Grid-systemen anticiperen immers op een groot aanbod van duurzaam opgewekte energie tegen een lage prijs en mijden de vraagpieken die een relatief hoge prijs met zich mee brengen.

Uit onderzoek blijkt dat niet alle apparaten even geschikt te zijn om aan een Smart Grid te koppelen. Om effectief te zijn in het Smart

Grid, moeten de apparaten aan een aantal voorwaarden voldoen:

- spreiding: de elektriciteitsvraag moet uitgesteld kunnen worden door bijvoorbeeld (thermische) opslag of mogelijkheid tot uitgestelde start van bijvoorbeeld een vaatwasmachine;
- schaalgrootte: de elektriciteitsvraag moet een redelijke vermogensomvang hebben om economische effectief te kunnen zijn. (zie kader koelkast);
- betrouwbaarheid: het proces moet niet verstoord worden onder invloed van een Smart Grid (zie kader warmtepomp).

■ REAL-TIME GARANTIE

Het is niet de bedoeling dat duurzame opwekking van zon en wind wordt uitgeschakeld wanneer overbelasting van een lokaal net dreigt. Deze stroom dient zo veel mogelijk het net in te stromen en effectief geconsumeerd te worden. Eventueel kan decentrale warmte/krachtkoppeling een lokale piek in de vraag (een lokaal tekort in de productie) opvangen. Voor de regelstrategie van Smart Grid is het belangrijk te weten hoeveel vermogen (en energie) op een bepaald moment ter beschikking komt. Uit onderzoek is gebleken dat de productie van zon- en windenergie redelijk

■ GEBRUIKSPROFIEL KOELKAST

De figuren 2 en 3 tonen energieprofielen van twee verschillende koelkasten. Figuur 2 is het energieprofiel van een A-label inbouwkoelkast, figuur 3 die van een dubbeldeurs 'Amerikaanse' koelkast met gekoeldwaterdispenser en ijsblokjesmaker.

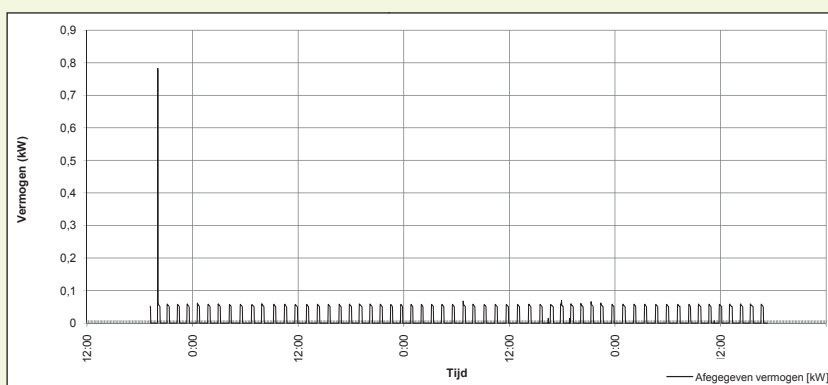
Uit figuur 2 is het volgende opmaken: het maximale elektriciteitsverbruik van deze koelkast is 60 W. De compressor draait maar enkele minuten en is daarna de rest van de uurlijkse interval uitgeschakeld. Deze intervalperiode is regelmatig, ondanks het geregeld openen van de koelkast. De piek is de inschakelpiek van de compressor. Deze is bij toeval gemeten. Deze piek duurt maar ongeveer 0,1 seconde en is normaal voor elektromotoren.

De 'Amerikaanse' koelkast verbruikt veel meer stroom, tot bijna 300 W. Dit verbruik is vrij constant, zonder intervallen. Voor het maken van ijsblokjes wordt de ijskast in een hogere stand geschakeld, die te zien is als piek.

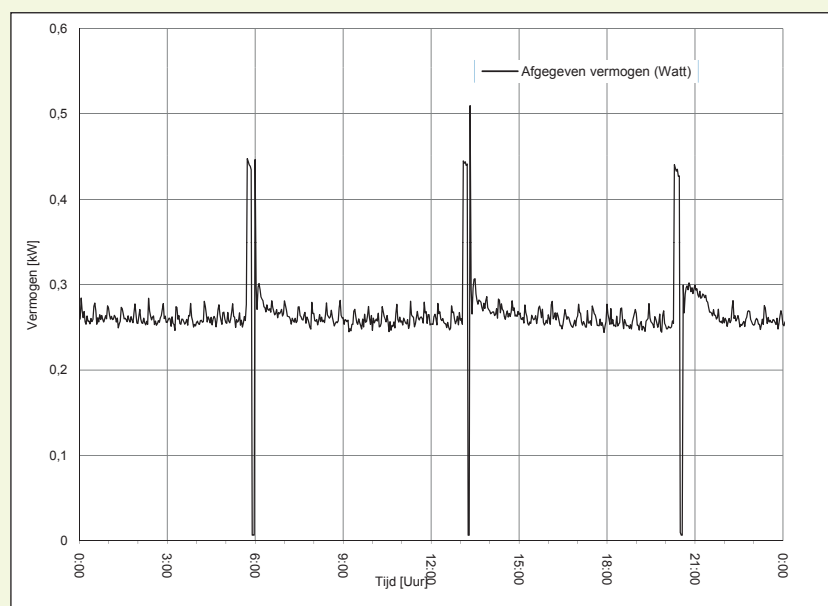
Uit beide grafieken valt op te maken dat de impact van het energiegebruik van een koelkast zeer gering is vergeleken met bijvoorbeeld dat van een warmtepomp. Het aanbrenge van intelligentie die het stroomverbruik afstemt op het stroomaanbod voor de A-label koelkast is daarom alleen zinvol wanneer het alle koelkasten betreft. Daarnaast moet de thermische accumulatie sterk uitgebreid worden met bijvoorbeeld PCM's (Phase Change Materials) om beter te kunnen sturen.

De effectiviteit van intelligente schakelsystemen voor de 'Amerikaanse' koelkast is veel groter dan van de A-label koelkast. De 'Amerikaan' blijft constant veel stroom verbruiken.

Om dit gedrag te beïnvloeden is het aanbrenge van een 'koudeaccu' van bijvoorbeeld PCM's noodzakelijk. Hierdoor gaat het gevraagde vermogen wel omhoog om dezelfde hoeveelheid energie om te zetten per tijdseenheid.



-Figuur 2- Energieprofiel van een A-label inbouwkoelkast



-Figuur 3- Energieprofiel van een 'Amerikaanse' dubbeldeurs koelkast (zonder label)

■ OPSLAG ELEKTRICITEIT

De kosten van opslag van elektriciteit zijn hoog. De kosten van stroom uit een loodaccu bedragen ongeveer €0,15/kWh, rekening houdend met het maximaal aantal laadcycli, laad- en ontladverliezen. Wanneer extra investeringen in PV worden meegenomen ter compensatie van het energieverlies in accu's, zou de prijs stijgen naar €0,36/kWh.

In vergelijking met de all-in stroomprijs van €0,27/kWh voor huishoudens zou dit onrendabel zijn. Voor de elektriciteitsleveranciers- of producenten die met een kostprijs onder de €0,05 rekenen, is opslag al helemaal niet interessant.

Andere accu's maken gebruik van kostbare materialen die de prijs per kWh niet ten goede komen.

goed voorspelbaar is. Bij toepassing van slimme meters komt deze informatie ook ter beschikking aan Smart Grids. Deze ontwikkeling biedt de mogelijkheid om een real-time garantie af te geven op feitelijke levering van groene stroom.

Een Smart Grid biedt de mogelijkheid om inzichtelijk te maken hoeveel en welke energie wordt gebruikt tegen welke prijs. Hiervoor is binnen het Building Brains-programma een gebruiksvriendelijk informatie- en bedieningspaneel ontwikkeld (Feedback and Control panel Cermit).

■ INFRASTRUCTUUR

De volgende partijen spelen een rol bij het realiseren van een informatie-infrastructuur voor Smart Grid:

- consumenten;
- energieleveranciers;
- netwerkbeheerders: het faciliteren van de centrale 'veilingmeester' bij ieder verdeelstation;
- ICT-netwerkbeheerders: het faciliteren van internetverbindingen (deze rol kan overigens ook worden ingevuld door de elektriciteitsnetbeheerders of kabelexploitanten);
- apparatenfabrikanten: het inpassen van de Smart Grid-schakelingen met ingebouwde intelligentie, zoals vaatwassers, wasmachines, warmtepompen maar ook bijvoorbeeld inverters van zonnepanelen;
- computerapparatuurfabrikanten: het inpassen van een draadloos Smart Grid-protocol in de huishoudelijke communicatieapparatuur, zoals de homebridge van NXP;
- overheid: op diverse niveaus regulering en controle.

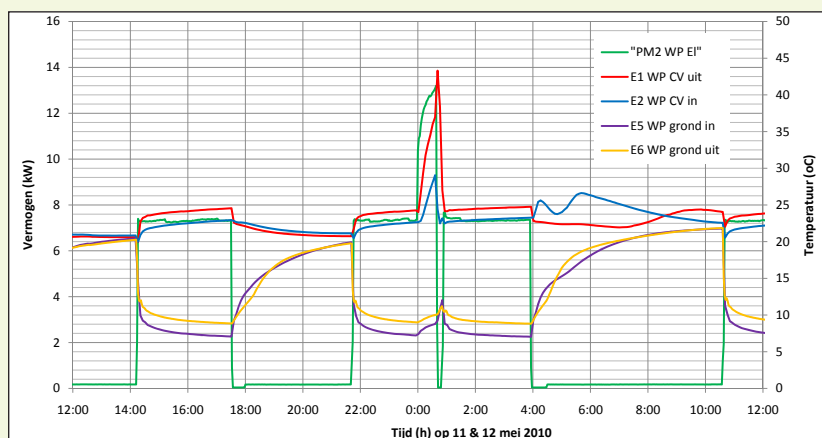
In dit rijtje blijken de hoofdstructuren voor een Smart Grid gemeengoed te zijn: consu-

ENERGIEPROFIEL ELEKTRISCH GEDREVEN WARMTEPOMP

De warmtepomp van figuur 4 staat opgesteld in een energiezuinige eengezinswoning met een inhoud ongeveer 300 m³. De warmtepomp wordt gestuurd op basis van ruimtetemperatuur en tapwatervraag. De piek in het verbruik is onderdeel van het anti-legionellaprogramma, dat het vat 'opstookt' tot boven de 60 °C. In de grafiek is alleen de doorwarming van de cv-leiding te zien, omdat de tapwatertemperaturen niet gemeten zijn. Op het moment van meten was het gebouw nog niet bewoond, zodat tapwatereffecten niet zijn meegenomen. De buitentemperatuur is in deze periode gemiddeld ongeveer 8 °C geweest. Deze warmtepomp blijft relatief lang in bedrijf. Dit komt mede door het 150 liter buffervat. Met het vergroten van de buffer kunnen de intervallen worden vergroot, wat meer flexibiliteit geeft voor Smart Grid-toepassingen. Zo zou theoretisch een periode van meerdere dagen overbrugd kunnen worden met de warmte-inhoud van een buffervat. In een extreem koude periode zou de elektriciteitsvraag gereduceerd kunnen worden. Zo trekken niet alle warmtepompen in de wijk continu 2 kW uit het elektriciteitsnet, los van de andere verbruikers. Hierop is het net in de oudere wijken meestal niet berekend.

Erg praktisch is een dergelijk systeem niet, omdat een vat van 12 m³ nodig is voor het opslaan van de benodigde warmte voor een koude dag. Dit vat moet dan op de warmere dagen in 'dubbel tempo' weer gevuld worden, wat een extra belasting geeft. Een opslag over meerdere dagen is noodzakelijk en die is gelijk aan de lengte van de vorstperiode.

Door PCM of TCM (thermochemical materials) toe te passen, is een verkleining van het volume mogelijk. Hiervoor moet vanwege de temperatuursprong (verschil tussen laad- en onlaadtemperatuur) een exergieverlies voor lief worden genomen.



-Figuur 4- Elektrisch gedreven warmtepomp: elektriciteitsverbruik, in en uitgaande temperaturen

Milieunetwerk, Een partijoverstijgend voorstel voor een Deltaplan Nieuwe Energie, PvdA Landelijke Werkgroep Milieu & Energie, SGP WI Werkgroep Energie, VVD Commissie Milieu & Duurzaamheid.

7. Op weg naar intelligente netten in Nederland, Taskforce, Ministerie van Economische zaken, 2010.
8. Barriers for innovation, Leo van der Geest, Lars Heuts.
9. 100715 interview Essent Smart Grid Hoogkerk, Atelier stakeholders Building Brains WP4 interviews DLEB SG, Mercedes Sweeb en Sander Akerboom, 2010.
10. 100721 interview SG Alliander, Atelier stakeholders WP4 interviews DLEB SG, Mercedes Sweeb en Nicolle Celie, 2010.

menten, leveranciers, internet en overheid. De netwerkbeheerders en apparatenfabrikanten dienen nog een slag te maken. Om de informatiestroom te beperken en niet een nieuw netwerkprobleem te veroorzaken, is het principe van de PowerMatcher even eenvoudig als effectief. Dit systeem maakt de informatie al enigszins anoniem, waardoor deze minder privacygevoelig is. Bij aansluiting op een bestaand communicatiesysteem is het wenselijk dat de data niet wordt verminkt of misbruikt of op een andere manier verloren gaat. Ook dient sabotage door bijvoorbeeld de gebruiker te worden voorkomen. Voor de privacy en veiligheid is binnen Building Brains een richtlijn geschreven. In eerste instantie is deze bedoeld voor slimme meters, maar hij is ook geschikt voor de Smart Grid-communicatie.

LITERATUUR

1. Intelligent Infrastructures, R. Negenborn, Zofia Lukszo, Hans Hellendoorn, 2010.
2. Sustainable energy without hot air, David Mac Kay, 2008.
3. Smart Energy Strategies, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2008.
4. Transparantie voor onbalanssystematiek, Dienst Toezicht Energie (DTE) en Tennet, 2004.
5. Het grote energieboek voor duurzaam wonen kwestie van organiseren en doen!, Teus Van Eck, 2010.
6. NL krijgt nieuwe energie, CDA Duurzaamheidsberaad, ChristenUnie TPC Duurzaamheid, 2010, Voor welvaart en welzijn in de 21e eeuw, D66 Platform Duurzame Ontwikkeling, GroenLinks