

Virtuele energiecentrale: een veldtest met micro-wkk's

Bart Roossien,
Ernst-Jan Bakker

Om de centrale energieopwekking in woningen optimaal in te zetten en de problemen in de huidige infrastructuur door deze decentrale energieopwekkers tegen te gaan, groeit de noodzaak van organisatie van deze systemen steeds meer. In een micro-warmtekrachtveldtest ging het door ECN ontwikkelde Powermatcher-concept deze uitdaging aan.

De energiewereld bevindt zich momenteel in een transitie naar een zo efficiënt en duurzaam mogelijke energiehouding. Door deze transitie ligt er een belangrijke focus op het lokaal opwekken van de energievraag, zowel elektrisch als thermisch. Deze decentrale opwekkingsinstallaties hebben echter een impact op de huidige energie-infrastructuur en met name op het elektriciteitsnetwerk.

Een belangrijk issue binnen het elektriciteitsnetwerk is dat vraag en aanbod van elektriciteit gelijk moeten zijn, omdat opslag binnen het netwerk niet mogelijk is. Deze balans is tot dusver in stand gehouden door de grote elektriciteitscentrales, die worden gestuurd op de elektriciteitsvraag. Decentrale energie-opwekkers hebben echter meestal andere sturing. Zonnepanelen en windturbines produceren stroom wanneer de zon schijnt, respectievelijk de wind waait.

De opvolger van de hr-ketel, de micro-wkk, levert zowel elektriciteit als warmte. De micro-wkk wordt gedreven door de warmtevraag van een huishouden en niet door de elektriciteitsvraag. Dit kan problemen opleveren voor het elektriciteitsnetwerk bijvoorbeeld als iedereen 's ochtends onder de douche staat. Als er veel micro-wkk's in een wijk staan, kan er zoveel elektriciteit worden opgewekt dat het net-

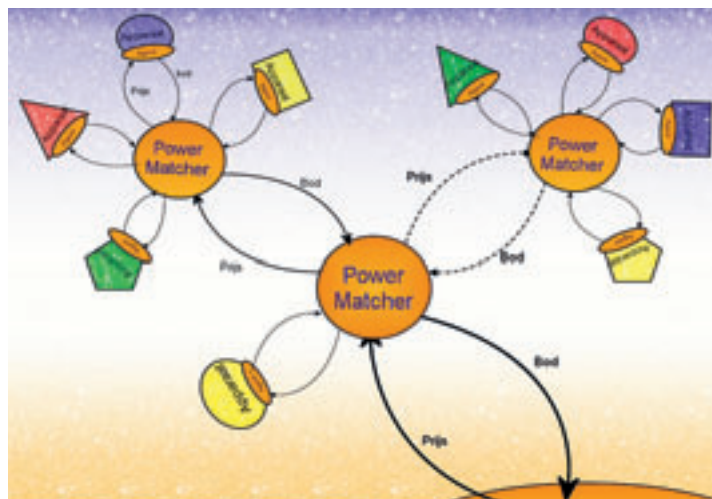
werk overbelast raakt. Er is dus een regelconcept nodig dat de variaties in het elektriciteitsaanbod (en vraag) en daarmee de onbalans in het netwerk kan minimaliseren.

POWERMATCHER

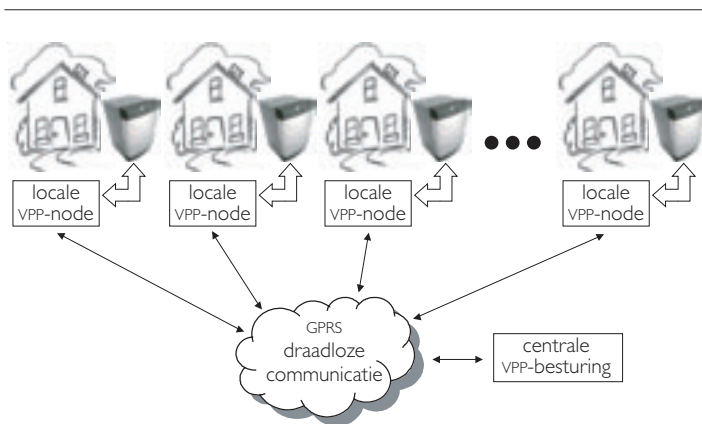
De Powermatcher is een regelconcept dat kan worden ingezet om verschillende installaties op elkaar af te stemmen. Het doel ervan kan steeds verschillend zijn, zoals afstemmen van vraag en aanbod, voorkomen van overbelasting van een transformator, eigen geproduceerde elektriciteit binnen de deur houden en handel op de elektriciteitsmarkt APX.

Het Powermatcher-concept is zeer schaalbaar doordat het uit afzonderlijke cellen kan worden opgebouwd (afbeelding 1). Deze cellen kunnen vervolgens weer worden gegroepeerd in sub-cellen. Op elk niveau kunnen een of meer businesscases worden toegevoegd, waardoor de Powermatcher zich gedraagt als infrastructuur die businesscase en techniek op een transparante manier bij elkaar brengt. Zo kan op woningniveau worden geregeld op het binnenhouden van eigen geproduceerde elektriciteit, op wijkniveau op het reduceren van een belasting op een wijktrafo en daarboven in handel op de APX en onbalansmarkt.

De Powermatcher werkt met intelligente agents (autonome software) die handelen op een virtuele marktplaats. De agents zijn via ict gekoppeld aan het besturingssysteem van de installatie en kennen de eigenschappen ervan. Die kennis gebruiken ze om de flexibiliteit van het apparaat zo efficiënt mogelijk in te zetten op de marktplaats, waardoor ze meer 'geld' verdienen. Dit laatste kan virtueel geld zijn, waarbij het puur om optimalisatie gaat, maar er zijn ook business cases te bedenken waarbij een echte afrekening wel gewenst is. Het zijn dus de lokale agents die het apparaat aan- en uitschakelen, waarbij de centrale prijsprikkels dienen om, binnen de flexibiliteit van het apparaat, een optimaal gebruik te vinden. De eindgebruiker blijft echter nog steeds zelf bepalen wat het apparaat doet, bijvoorbeeld via de thermostaat. Door de verschillende decentrale energie-omzetters met elkaar te integreren in één netwerk, ontstaat er een portfolio dat als geheel kan worden aangestuurd en veel eigenschap-



1. 'Bottom-up' opbouw van een Powermatcher-cluster.



2. Opzet van de virtuele energiecentrale in de veldtest.

pen gemeen heeft met een grote conventionele elektriciteitscentrale. Zo'n geclusterd systeem heet ook wel een virtuele elektriciteitscentrale (virtual power plant, VPP). Behalve decentrale opwekeenheden, zoals micro-wkk's en windturbines, kunnen in een VPP ook apparaten met een beïnvloedbare vraag (demand response), zoals koelkasten en wasmachines, worden geïntegreerd. Het doel van een VPP is de waarde te optimaliseren en de risico's van decentrale opwekking te minimaliseren voor eindverbruikers, energieretailers en netbeheerders. Dergelijke VPP's worden nu al opgezet voor de tuinbouw. De Powermatcher is in staat om ook apparaten op woningniveau te kunnen aansturen als onderdeel van een VPP.

VELDTEST

De veldtest is opgezet rond tien micro-wkk's (Whispergen, 1 kWe) bij huishoudens in Noord-Nederland. De units zijn weliswaar verspreid geïnstalleerd, maar ze zijn alle aan een virtueel onderstation gekoppeld, waardoor het voor de regeling lijkt alsof ze allemaal in één bepaalde wijk staan. Door de belasting op het virtuele onderstation te bepalen wordt bekend wanneer het gunstig is de micro-wkk in te schakelen, zodat de belasting wordt verlaagd. Doordat de piekbelasting dankzij het onderstation (en de kabels) lager is, is het mogelijk de huidige groei van de elektriciteitsvraag aan te kunnen zonder dat de infrastructuur hoeft te worden verzwaaard.

De bedoeling is dat de agents flexibiliteit aanbieden op de markt. Er moet dus ergens regelruimte vandaan komen. Bij huishoudens kan die flexibiliteit komen uit een tapwaterbuffer en spreiding rond het setpoint in de ruimtetemperatuur. Dit laatste is sterk gebruikerafhankelijk. Waar het voor de één niet uitmaakt of de ruimtetemperatuur maximaal 1 °C afwijkt, worden anderen al nerveus wanneer deze

0,5 °C afwijkt. Het moet dus mogelijk zijn voor de eindgebruiker om de toegestane afwijking te kunnen instellen. En des te meer vrijheid aan de installatie wordt gegeven, des te meer dit ook moet opleveren, ook voor de eindgebruiker.

Op elke locatie is een zogenoemde lokale node (VPP-node) geïnstalleerd (afbeelding 2). De VPP-node vormt de interface tussen de VPP-infrastructuur en de lokaal opgestelde micro-wkk en de meetinfrastructuur. De tien VPP-nodes vormen samen met de centraal opgestelde VPP-server, een virtuele centrale waarop de Powermatcher-besturingssoftware draait.

Uiteraard mocht de veldtest geen overlast opleveren voor de deelnemende huishoudens. Zo was extra bekabeling voor communicatie tussen de componenten geen optie. Er mocht geen interferentie met het lokale ADSL-modem optreden en het regelalgoritme mocht het comfort van de gebruiker niet verlagen. Bij uitval van de VPP-node moest het regelsysteem dan ook kunnen terugvallen op de conventionele aansturing. Om veiligheidsredenen zijn de server en VPP-nodes in een VPN (virtual private network) opgenomen. Alle systeemonderdelen communiceerden met elkaar via PLC (Powerline-communicatie) op basis van Lonworks-techniek.

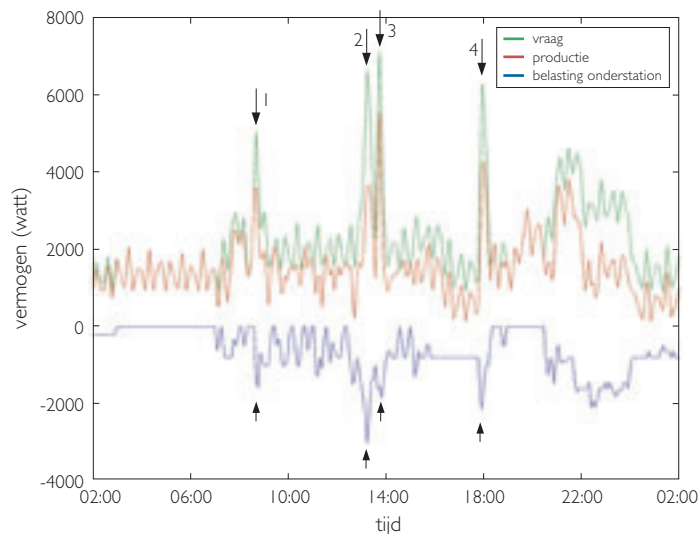
Een specifieke uitdaging vormde de thermostaat. De actuele en de gewenste temperatuur is essentiële informatie voor het agent-algoritme. Omdat er geen geschikte thermostaat te vinden was, is in eigen beheer een interface ontwikkeld tussen het netwerk en de bestaande thermostaat. Verder was er nog informatie uit de meterkast nodig. Hiervoor zijn standaard Lonworks Powerline-modules gebruikt.

RESULTATEN

Aan de veldtest hebben uiteindelijk negen micro-wkk's deelgenomen, samen met een tiende (virtuele) node die als onderstation fungeerde. Door dit onderstation ook bieden op de markt te laten doen, aan de hand van een elektriciteitsvraagpatroon, was het mogelijk de piekbelasting op het onderstation te reduceren. Immers, de marktprijs stijgt bij een hogere vraag, waardoor het aantrekkelijker wordt voor de micro-wkk's om te gaan produceren.

De veldtest gaf inzicht in de werking van het systeem voor een dag in mei 2007 (afbeelding 3). Het systeem omvatte op dat moment vijf nodes die deelnamen aan de VPP. Het

Dit project is uitgevoerd binnen het programma Intelligente Netten van het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) te Petten in samenwerking met Gasunie Engineering & Technology en in opdracht van het Smart Power System (SPS) consortium, een initiatief van Energy Valley met GasTerra, Gasunie, Continuon, TNO, ECN, Essent Netbeheer bv, Eneco Netbeheer bv, Essent Energy Services, ICT Automatisering, TietoEnator, Kema, TU Delft en nv Nom. Aan de veldtest zelf werkten mee: Eneco Energie, Essent Retail Services, Rendo Energie Service en Cogas Energie. Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, regeling eos Demonstratie, uitgevoerd door SenterNovem (Demo03021).



3. Gemeten tijdreeksen van vraagpatroon (groen), totale elektriciteitsproductie (blauw) en netto onderstationbelasting (rood) bij 5 Whispergen's bij coördinatie met de Powermatcher.

vraagpatroon bevatte vier pieken en de Powermatcher probeerde deze weg te regelen, waardoor de uiteindelijke piekbelasting op het onderstation aanzienlijk minder was. Ook was duidelijk zichtbaar dat de derde piek een stuk minder werd gecompenseerd dan de overige pieken. Dit was het gevolg van de beperkte warmtevraag (vrijwel alleen warm tapwater). Doordat piek 2 werd gecompenseerd met het vullen van de tapwaterbuffer, bleef er weinig flexibiliteit over om kort daarna ook nog piek 3 weg te regelen.

Een vergelijking van drie belastingduurkrommes (de energievraag, de onderstationbelasting bij conventionele aansturing en bij Powermatcher-aansturing) toonde aan dat de conventionele regeling de maximale belasting niet reduceerde, waar de Powermatcher dit wel deed (afbeelding 4). Ook bleken er bij de conventionele regeling momenten te zijn dat het onderstation aan het net leverde. Ondanks de beperkte warmtevraag reduceerde de Powermatcher de piekbelasting met bijna 30 procent ten opzichte van de traditionele regeling. Dit resultaat lag in lijn met de uitkomsten van simulaties voorafgaande aan de veldtest.

SEIZOENSINVLOEDEN

De veldtest is in een zomersituatie uitgevoerd. In de zomer is in woningen alleen een tapwatervraag. Dit beperkt de inzet van de micro-wkk en dus de flexibiliteit in de aansturing. Toch is de flexibiliteit van tapwaterverwarming voldoende groot om een piekreductie te realiseren van 30 procent (van circa 7,7 kW naar 5,3 kW). Verwacht wordt dat in het stookseizoen de flexibiliteit groter is, waardoor de piekbelasting nog verder omlaag kan. Met name de derde piek (afbeelding 3) zou daarmee kunnen worden verlaagd.

Het resultaat van een simulatie van een winterweek voor vijf huishoudens (afbeelding 5) maakt duidelijk dat er veel meer elektriciteit (zelfs netto-levering) wordt geproduceerd dan in de zomerperiode. Het resultaat is dat de piekbelasting

wordt gereduceerd tot ongeveer 4 kW, bijna 50 procent van een traditionele regeling.

Verder is met behulp van simulatie de invloed onderzocht van de toegestane afwijking op ruimtetemperatuur (hoe groter, hoe meer operationele flexibiliteit). De Powermatcher-regeling met een toegestane afwijking van 0,5 °C op de setpoint-temperatuur laat een duidelijke verbetering zien in piekbelastingreductie van het onderstation. Een extra 0,5 °C geeft nog een kleine verbetering, maar daarna is de winst verwaarloosbaar en, bovendien, het verloop in binnentemperatuur onacceptabel. De conclusie is dan ook dat binnen de comforteisen van de gebruiker de micro-wkk bijna optimaal presteert.

GEbruikerservaringen

Met een aantal eindgebruikers is direct contact geweest. Opvallend was de interesse in het eigen energiegebruik. Enkele malen zijn op verzoek meetgegevens verstrekt en een aantal eindgebruikers wilde de gegevens ook vergelijken met andere deelnemers. De beschikbare bandbreedte op ruimtetemperatuur verschilt per gezin. Waar sommigen aangeven problemen te hebben met een bandbreedte van 2 °C (indien nodig maximaal ±1 °C regelruimte voor de Powermatcher) lijken anderen daar geen problemen mee te hebben. Het (schijnbaar) afstaan van de controle over de eigen installatie lijkt in eerste instantie zeker een barrière op te werpen bij eindgebruikers.

Belangrijk hierbij is het benadrukken dat de micro-wkk onderhandelt over het beste tijdstip om elektriciteit op te wekken, maar dat de eindgebruiker altijd de baas blijft. Bovendien blijft de eindgebruiker communiceren via de bekende thermostaat en wordt er alleen een alternatieve regeling geïntroduceerd. Wanneer het systeem eenmaal is geïnstalleerd en het blijkt vergelijkbaar comfort te leveren met de conventionele situatie, verdwijnen de zorgen. De uiteindelijke kwesties die in de veldtest naar voren kwamen, waren terug te voeren op het specifieke functioneren van de hardware (vooral de thermostaat) en in principe niet op de Powermatcher. Wel belangrijk bleek een goede helpdesk waar de eindgebruiker rechtstreeks terecht kan.

Gezien het verwarmingsvermogen reageert de micro-wkk, net als bijvoorbeeld een warmtepomp, minder snel op een plotselinge verhoging van de thermostaat. De veldtest geeft aanwijzingen dat de eindgebruiker deze langzame reactie verkeerd kan interpreteren als een gevolg van externe aansturing, met grote consequenties voor de bewonersacceptatie. Bij micro-wkk met ingebouwde piekbrander zal het langzamer opwarmen geen issue zijn.

CONCLUSIES

De invloed die micro-wkk heeft op de load curve van een (virtueel) onderstation kan worden gereduceerd door een intelligente regeling. De belastingduurkrommes van zowel de zomer- als wintersituatie zijn een stuk vlakker en de maximale belasting op het onderstation is flink teruggebracht. In de zomersituatie wordt de piekbelasting teruggebracht met ~ 45 procent (simulaties) en ~ 30 procent in de veldtest. In de wintersituatie blijkt er, ondanks de grotere warmtevraag voor ruimteverwarming, een piekreductie te zijn van ~50 procent (simulaties). De reden voor de minimale verbetering ten opzichte van de zomer blijkt te liggen in het beperkte aantal ingezette micro-wkk's.

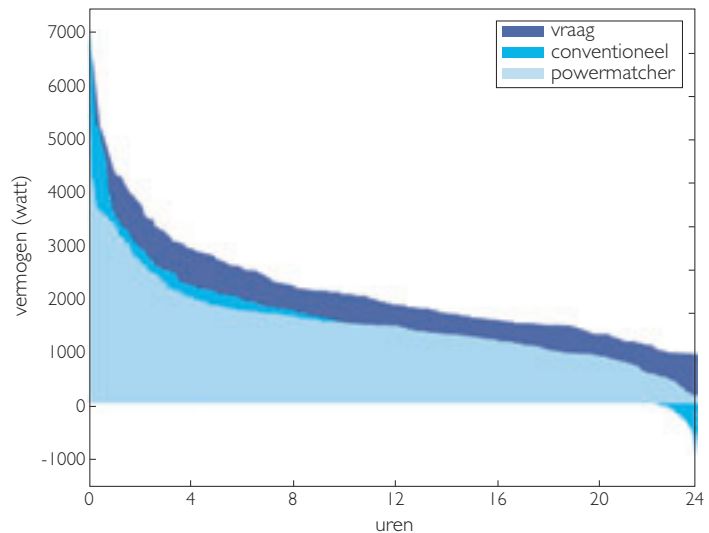
De veldtest heeft aangetoond dat het mogelijk is om via een on-line verbinding (UMTS) – weliswaar met de nodige hick-ups – software-agents bij eindgebruikers thuis een installatie te laten aansturen. Buiten het aansturen is ook aangetoond dat het mogelijk is via de gebruikte principes een (near) real-time meetinfrastructuur op te zetten.

Essentieel voor het succesvol bedrijven van een VPP is dat de VPP-operateur snel eventuele storingen kan detecteren en verhelpen. Het extern lokaliseren en oplossen van problemen kan worden gezien als een feature van de VPP. Zo is tijdens de veldtest een probleem opgelost door na een klacht van een eindverbruiker het historische gedrag van de installatie te analyseren, de fout te lokaliseren en een software-update te uploaden naar de veldtestlokatie.

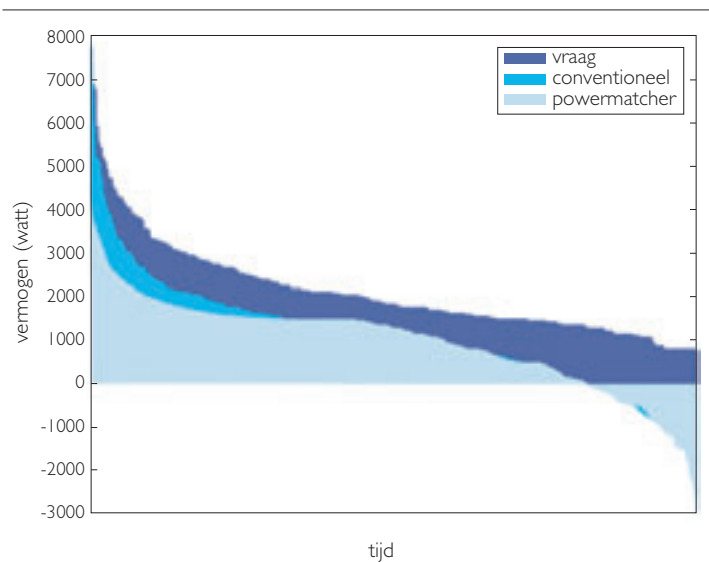
OUTLOOK

Op dit moment wordt er gewerkt aan zowel het Powermatcher-concept als aan nieuwe veldtesten. In de micro-wkk veldtest is er geen moeite gedaan om de VPP-nodes zo klein en efficiënt mogelijk te maken. Grote nodes zijn echter niet geschikt voor commerciële toepassingen. ECN heeft inmiddels een prototype van een embedded versie van de Powermatcher ontwikkeld die eenvoudig in bestaande installaties kan worden geplaatst.

Op dit moment is een aantal veldtesten in voorbereiding waarin de Powermatcher een cruciale rol gaat spelen. Zo zal eind 2008 een veldtest plaatsvinden in het Engelse Woking als onderdeel van het Europese project Fenix. Verder zal er in het tweede kwartaal volgend jaar in Noord-Nederland een veldtest plaatsvinden met zo'n dertig huishoudens en honderd stuurbare apparaten in het kader van het Europese project Integral. Aan de voorbereiding van deze veldtest werken onder andere Gasunie E&T en ICT Automatisering mee.



4. Gemeten belastingduurkromme van respectievelijk het vraagpatroon (geen micro-wkk's), micro-wkk's met conventionele en met Powermatcher-aansturing. De Powermatcher-periode is dezelfde als in afbeelding 3. De conventionele regeling is gebaseerd op een vergelijkbare zomerse dag, waarbij de Powermatcher is uitgeschakeld. De warmtevraag en elektriciteitsvraag zijn in beide situaties vrijwel gelijk.



5. Simulatie van vijf micro-wkk's in een winterweek.

Auteurs

Bart Roossien en Ernst-Jan Bakker zijn werkzaam bij het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) in Petten.

Referenties

- [1] Hommelberg M., Nieuwenhout F., Virtuele energiecentrale: realiteit voor huishoudens, VV+, 2007.
- [2] Hommelberg M., et al., Aggregatie van micro-wkk's in een virtuele centrale – First trial smart power system, ECN en Gasunie Engineering & Technology, 2007.
- [3] Warner C., et al., A field test using agents for coordination of residential micro-chp, ISAP, 2007.
- [4] Roossien B., et al., Virtual power plant field test using ten micro-chp units at consumer premises, CIREN, 2008.
- [5] Fenix project: www.fenix-project.org