

VU Research Portal

The PowerMatcher: Smart Coordination for the Smart Electricity Grid

Kok, J.K.

2013

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Kok, J. K. (2013). *The PowerMatcher: Smart Coordination for the Smart Electricity Grid*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Samenvatting

DE MEESTE MENSEN gebruiken elektriciteit vrij ongemerkt. We merken pas echt hoe afhankelijk we ervan zijn als het een keer uitvalt, iets dat in Europa, en zeker in Nederland, gelukkig niet vaak gebeurt. Echter, voor de nabije toekomst verdient de betrouwbaarheid van onze elektriciteitsvoorziening extra aandacht wegens een drietal ontwikkelingen. Ten eerste vormt de snelle toename van duurzame energie een uitdaging voor het in balans houden van vraag en aanbod in het net. Deze balans is cruciaal voor het blijven branden van het licht. De tweede trend is het groeiende elektriciteitsgebruik, wat onze verouderende netten steeds verder richting overbelasting drijft. Verder wordt een deel van de opwek van elektriciteit gedistribueerd: grote aantallen relatief kleine opwekkers — zonnepanelen, kleine windturbines en micro-warmte-kracht (ook wel de ‘thuiscentrale’ genoemd)— leveren hun energie dicht bij de plaats waar het wordt gebruikt. Deze opwekkers opereren buiten het bereik van de centrale coördinatie in het elektriciteitssysteem.

Om de leveringszekerheid van elektriciteit in de toekomst te waarborgen is er een nieuwe manier van coördinatie nodig. De huidige opzet waarbij een handvol grote centrales de totale elektriciteitsvraag volgt zal niet meer voldoen. Doordat het aanbod van duurzame bronnen fluctueert, wordt het steeds moeilijker de balans tussen vraag en aanbod in het systeem te behouden. De vraag naar elektriciteit zal daarom waar mogelijk het aanbod moeten gaan volgen. Dat betekent dat bijvoorbeeld een vrieskist in een willekeurige keuken automatisch stroom gaat gebruiken als buiten op het dak de zon schijnt op de zonnepanelen, of als het kilometers verder hard waait op zee. Deze nieuwe manier van automatische coördinatie zou er tegelijkertijd voor moeten zorgen dat de netten niet worden overbelast, door slim gebruik te maken van de beschikbare capaciteit en extra belasting tijdens de piekvraag te vermijden. Er is, kortom, een nieuw slim coördinatie mechanisme nodig om het slimme elektriciteitsnet te verwezenlijken.

Door verschillende partijen in binnen en buitenland is in de afgelopen jaren gewerkt aan dit nieuwe coördinatiemechanisme voor het elektriciteitsnet. Het resultaat daarvan is de PowerMatcher. Dit proefschrift geeft een theoretische onderbouwing voor het ontwerp van de PowerMatcher en een uitgebreide validatie in simulatiestudies en veldexperimenten, waaronder "PowerMatching City". Deze validatiestudies tonen onder meer aan dat de PowerMatcher de inpassing van duurzame energie verbetert en tegelijkertijd overbelastingen in het netwerk kan voorkomen. Het ontwerp van de PowerMatcher is gebaseerd op multi-agent technologie waardoor het systeem de privacy waarborgt en zeer goed schaalbaar is. Het theoretische werk brengt elementen uit elektrotechniek, informatica, economie en regeltechniek samen en geeft onder andere een wiskundig bewijs dat PowerMatcher onder alle omstandigheden de optimale oplossing vindt.

De PowerMatcher zet de rol van de energieconsument centraal. Deze rol zal drastisch veranderen onder invloed van de genoemde ontwikkelingen. Ten eerste wordt de consument steeds meer ook producent van elektriciteit, een prosument: soms consument en op andere tijden een producent. Meer dan een eeuw lang zijn er in het elektriciteitsnet uitsluitend één-richting stromen geweest, terwijl nu de 'consument' ook stroom teruglevert. Als volgende stap wordt de prosumer ook een leverancier van een flexibiliteitsdienst. Huishoudelijke apparaten en industriële installaties gaan flexibel reageren op de beschikbaarheid van goedkope groene stroom en op de beschikbaarheid van netwerkcapaciteit. Hoewel niet ieder apparaat kan schuiven met zijn elektriciteitsgebruik, is de potentie aan flexibiliteit groot. Zowel in huishoudens als in de industrie zijn vrijwel alle apparaten met een thermische functie in potentie flexibel: verwarmen, koelen en vriezen. Verder zijn er veel apparaten die hun taak binnen een bepaalde tijdsduur moeten afronden, zoals een elektrische auto die 's nachts staat te laden om tijdens de ochtendspits weer te rijden of een wasmachine waarvan de gebruiker een eindtijd heeft ingesteld. Binnen de beschikbare tijd kunnen ook deze apparaten met hun elektriciteitsgebruik schuiven.

Het bedrijven van het elektriciteitssysteem verandert dus van het centraal regelen van een relatief klein aantal grote centrales naar coördinatie tussen een grote hoeveelheden (duurzame) opwekkers en flexibele gebruikers. Belangrijk randvoorwaarde hierbij is de schaalbaarheid van het gehele systeem. Het vanuit een centraal punt blijven sturen op systeembalans, waarbij straks een enorm aantal kleine en middelgrote energie-vragende apparaten en installaties betrokken zijn, loopt vast tegen de grenzen van communicatie en berekenbaarheid. Dit schaalbaarheidsprobleem is in werkelijkheid nog groter omdat ook de gedistribueerde opwekkers een rol zullen spelen in de coördinatietaak.

Informatica, en met name het deelgebied van de multi-agent systemen, biedt hier uitkomst. Een multi-agent systeem is een gedistribueerd softwaresysteem, waar-

in zogenaamde intelligente agenten verantwoordelijk zijn voor lokale deeltaken en met elkaar communiceren om de hogere systeemdoelen te bereiken. Een goed ontworpen multi-agent systeem is een open, flexibel en makkelijk uitbreidbaarheid ICT-systeem dat goed kan opereren in een hoog-complexe en veranderende omgeving. Omdat de lokale software agenten zorgdragen voor lokale zaken, schermen zij lokale (en dus potentieel privacy gevoelige) informatie af voor de buitenwereld. De PowerMatcher is ontworpen en gebouwd op basis van deze multi-agent technologie. Het resultaat is een mechanisme dat op grote schaal kleinere consumerende en producerende apparaten kan betrekken in de systeemcoördinatie zonder de autonomie en privacy van de eigenaren van deze apparaten aan te tasten.

Door de inzet van de PowerMatcher kan er aantoonbaar meer duurzame energie in het elektriciteitssysteem worden gntegreerd. Doordat het systeem de match tussen vraag en aanbod verbetert, wordt er beter gebruik gemaakt van de beschikbare duurzame energie. Hierdoor vermindert de vraag naar energie uit andere bronnen, zoals fossiele brandstoffen. Een studie naar het energiegebruik van 3000 huishoudens in combinatie met een groot (offshore) windturbinepark, laat zien dat 65 tot 90% van de windstroom die zonder PowerMatcher niet zou worden gebruikt, met inzet van het systeem wel door de huishoudens gebruikt wordt. Dit vermindert op momenten dat er weinig groene stroom beschikbaar is het gebruik van grijze stroom met 14 tot 21%.

Door de energievraag en gedistribueerde opwekkers te laten reageren op de fluctuaties in het duurzame energieaanbod verbetert ook de marktwaarde van groene stroom. De lage voorspelbaarheid van bijvoorbeeld windenergieproductie levert in de groothandelsmarkt voor elektriciteit extra kosten op, de zogenaamde onbalanskosten. In twee van de veldtesten met PowerMatcher is een windpark aan een flexibel cluster gekoppeld om de afwijkingen in de windenergievoorspelling te compenseren. Dit verminderde de onbalans, veroorzaakt door het windpark, met 40 tot 60%. Wat een interessante business case vormt voor energieleveranciers.

Verder is in het veld aangetoond dat de PowerMatcher overbelastingen in het elektriciteitsnetwerk kan voorkomen. Door het slim aansturen van verwarmingssystemen (micro-warmtekracht en warmtepompen) en opladende elektrische auto's kan de dagelijkse piekbelasting worden verminderd met typisch 30 tot 35%. In bestaande netwerken voorkomt dit voor de netwerkbeheerder een dure en omvangrijke verzwaring van het netwerk, terwijl in geval van nieuwe netwerken deze minder zwaar kunnen worden uitgevoerd. In één van de onderzochte gevallen zou door inzet van de PowerMatcher de netcapaciteit drie maal kleiner kunnen zijn.

Op dit moment is de elektriciteitssector duidelijke stappen aan het zetten richting de invoering van het slimme elektriciteitsnet. Dat is ook te zien aan de veldexperimenten en demonstraties met de PowerMatcher. Waar er bij de eerste veld-

experimenten uitsluitend technologie partijen aan tafel zaten, zijn sinds een aantal jaar ook de partijen uit de elektriciteitsketen betrokken. Netwerkbeheerders en energieleveranciers spelen nu een belangrijke rol. Een teken dat de markt klaar is voor deze technologie en de technologie klaar voor de markt. Een andere belangrijke ontwikkeling is de schaalvergroting in de demonstratieprojecten. Het aantal aan te sturen huishoudelijke apparaten en industriële installaties in de eerste twee veldproeven in 2006 en 2007 was in beide gevallen op twee handen te tellen. Vanaf 2009 draaide PowerMatching City in Hoogkerk met meer dan 20 huishoudens en eind 2013 zal het totaal aantal met PowerMatcher uitgeruste woningen over de 1000 gaan. Daarvan zijn er 40 in Hoogkerk, bijna 300 in het Couperus SmartGrid project in Den Haag en 700 in het EcoGrid project in Denemarken. Meer projecten zitten in de voorbereidende fase.

Met een aantal industriepartners werkt TNO nu aan een open standaard op basis van de PowerMatcher. Via een industrie alliantie, het Flexiblepower Alliance Network (FAN), is de PowerMatcher voor de markt beschikbaar.