

Geïntegreerde elektrische en thermische simulaties op wijkniveau

Gevoeligheid voor tijdsresolutie

Een herziening van de Europese richtlijn 2002/91/EG over de energieprestaties van gebouwen verplicht elke EU-lidstaat om vanaf 2020 enkel nog *bijna nul-energie* gebouwen te bouwen. Een energieconcept dat ook in Vlaanderen haalbaar is, bestaat erin om warmtepompen te combineren met zonneboilers en pv-panelen. Een hoog aandeel pv-panelen en/of warmtepompen kan echter voor een pieklevering of -vraag aan het net zorgen, wat op zijn beurt kan leiden tot problemen met de spanningskwaliteit van het elektriciteitsnet. Om deze problematiek te onderzoeken werd een geïntegreerde simulatieomgeving ontwikkeld.

R. (Ruben) Baetens¹, R. (Roel) De Coninck^{2,3}, L. (Lieve) Helsen², D. (Dirk) Saelens¹
1. Building Physics Section, Department of Civil Engineering, KU Leuven, 2. Applied Mechanics and Energy Conversion Section, Department of Mechanical Engineering, KU Leuven, 3. 3E, Brussels, Belgium

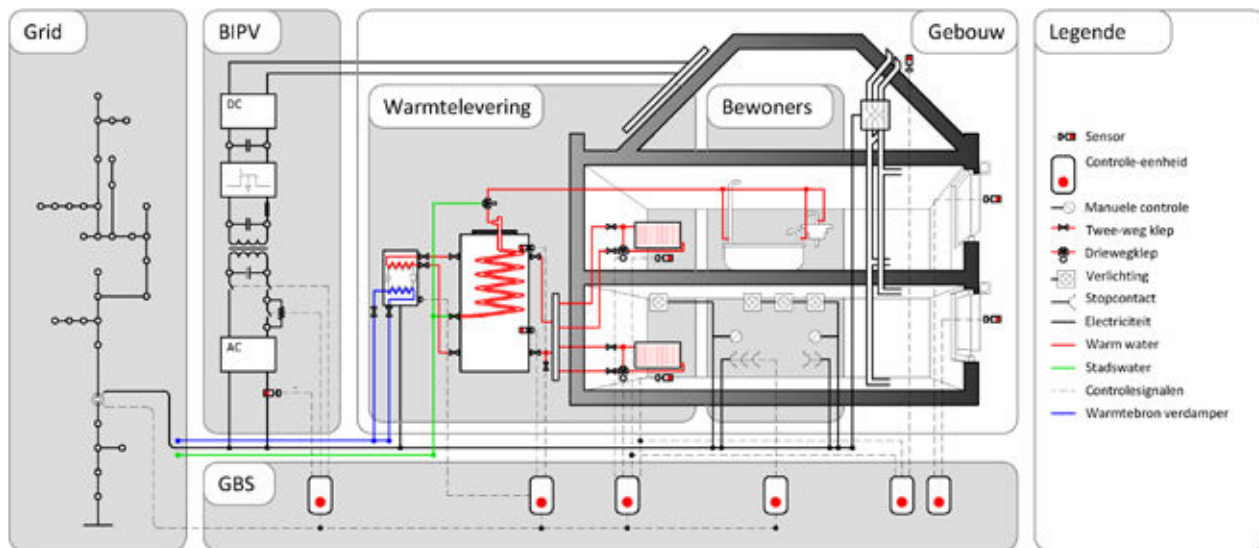
Ideas – Integrated District Energy Assessment by Simulation – is ontwikkeld in Modelica en laat een gedetailleerde modellering van het huishoudelijk elektrisch verbruik, de thermische installatie, lokale pv-productie en elektriciteitsdistributie in gebouwde omgevingen toe [1]. De in Ideas onderzochte wijk bestaat uit 33 alleenstaande woningen die alle voldoen aan de volgende definitie van nul-energie: elke woning produceert op jaarbasis evenveel energie als nodig is voor klimaatbeheersing, sanitair warm water, verlichting en het gebruik van huishoudelijke apparaten. Dit artikel analyseert de gevoeligheid van dit model voor de tijdsresolutie van de randvoorwaarden, zijnde het residentieel gebruikersgedrag en de meteorologische gegevens die de lokale elektriciteitsvraag en -productie bepalen [2]. De resolutie van de randvoorwaarden is belangrijk omwille van volgende

redenen: (1) elektrische netwerken hebben een veel snellere respons in vergelijking met thermische processen in de gebouwde omgeving, (2) de tijdsresolutie van de randvoorwaarden is van belang om het evenwicht tussen energievraag en -aanbod op wijkniveau correct in te schatten en (3) ten slotte bepaalt het detail dat noodzakelijk is voor een kleine tijdsresolutie de vereiste detailkennis over de randvoorwaarden en de resulterende simulatietijd.

■ IDEAS

Figuur 1 illustreert het model van de wijk die bestaat uit een mix van vier representatieve woningen. De gekozen isolatiediktes zijn gebaseerd op economische optima voor de residentiële sector [3]. De woningen zijn verder zeer luchtdicht ($n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$) zodat de jaarlijkse warmtevraag voldoet aan de lage-energie standaard ($Q_H < 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$). In elke

woning zorgt een modulerende lucht/water-warmtepomp gekoppeld aan een buffervat voor de productie van sanitair warm water en ruimteverwarming. Een gebalanceerd ventilatiesysteem met lucht/lucht-warmterecuperatie met een rendement van 84% zorgt voor de hygiënische ventilatie. Het gebruik van buitenzonwering en het openen van ramen voorkomen oververhitting van de woning bij warm weer. Er is geen actieve koeling voorzien. Alle gebouw geïntegreerde pv-panelen zijn zuidgeoriënteerd met een helling van 34 graden. In een traditioneel net met enkel gebruikers daalt de spanning naarmate men het einde van de lijn bereikt. Om te lage spanningen te vermijden, stelt men de spanning aan de voedingstransformator traditioneel hoger in (hier ingesteld op 234,6 V). De injectie van elektriciteit afkomstig van pv-panelen zorgt voor een bi-directionele vermogensstroom en



-Figuur 1- Voorstelling van het model voor geïntegreerde dynamische simulatie van thermische en elektrische systemen op wijkniveau

een lokale spanningsstijging. De hedendaagse normen eisen dat de stijging beperkt blijft tot 6% van de nominale spanning. Bij overschrijding van deze spanning schakelen de omvormers de pv-panelen van het elektriciteitsnet en wordt er geen vermogen meer geleverd.

TIJDSRESOLUTIE-GEVOELIGE RANDVOORWAARDEN

Het stochastische karakter van het gebruikersgedrag en de werking van de elektrische apparaten zorgen ervoor dat elke woning zijn eigen karakter heeft. Zo ontstaat het noodzakelijke realistisch beeld van de tijdsafhankelijke energiestromen in de wijk.

Het stochastische profiel van aanwezigheid, het gebruik van verlichting en het gebruik van toestellen in residentiële gebouwen is geïmplementeerd door gebruik te maken van een 'Markov chain' consistent met het model van Richardson et al. [4]. Dit gebruikersgedrag beïnvloedt zowel het thermisch gedrag van de gebouwen als de respons van het elektrische net. De originele output van het stochastisch model heeft een tijdsresolutie van 1 minuut. Minder gedetailleerde randvoorwaarden met een tijdsresolutie van respectievelijk 5, 10, 15, 30 en 60 minuten (G_5 tot G_{60}) werden verkregen als rekenkundig gemiddelde van de meest gedetailleerde data (G_1).

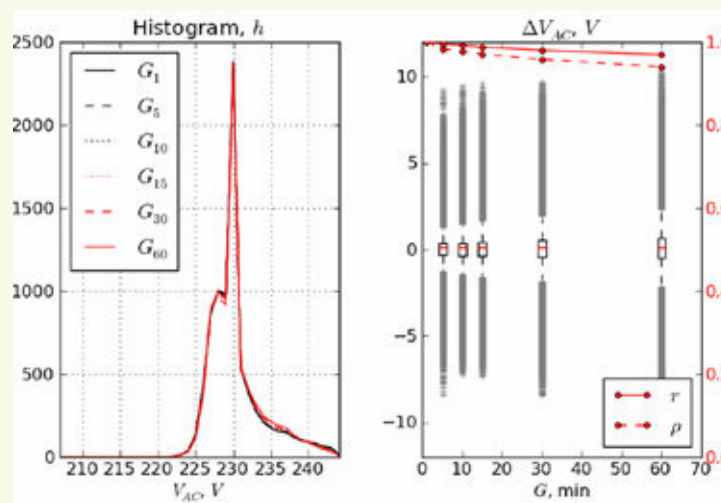
Voor de simulatie van de elektriciteitsproductie van de pv-panelen is gebruik gemaakt van 1-minuut gegevens (G_1) voor de zoninstraling verkregen uit Meteororm v6.1 [5] voor het gematigde klimaat van Ukkel (België). Ook hier zijn minder gedetailleerde randvoorwaarden met eenzelfde tijdsresolutie als voor stochastisch gebruikersgedrag berekend als rekenkundig gemiddelde van de meest gedetailleerde data.

GEVOELIGHEID TIJDSRESOLUTIE

De gebruikte tijdsresolutie heeft slechts een kleine invloed op het thermische gedrag van de gebouwen. Zowel het jaarlijkse thermisch comfort als het totale elektriciteitsgebruik voor ruimteverwarming en sanitair warm water tonen weinig verschil. De voornaamste reden hiervoor kan gevonden worden in de grote thermische massa in gebouwen. De gemiddelde afwijkingen in ruimtetemperaturen tussen G_1 en G_{60} blijven beperkt tot $0,2^\circ\text{C}$. De maximale afwijking bedraagt $2,8^\circ\text{C}$ en is het gevolg van kleine verschuivingen in tijd van setpunttemperaturen en het al dan niet behalen van temperaturen die zorgen voor

statuswijzigingen in de regelaars, zoals het openen van ramen. De momentane afwijking op de elektriciteitsvraag bedraagt tot 3 kW. Die kan eveneens verklaard worden door verschuivingen in het startmoment van de warmtepomp.

Omdat elektrische systemen amper traagheid kennen, is de invloed van de gebruikte tijdsresolutie op de respons van de elektrische systemen veel groter. Zoals getoond in figuur 2 is de belangrijkste afwijking hierbij de onderschatting van overspanningen in het net ten gevolge van de afvlakking van zoninstraling in G_{60} -data. Piekoverspanningen van 9 V ontstonden voor de gesimuleerde netsterkte bij het gebruik van G_{60} -data, terwijl overspanningen



-Figuur 2- (links) De frequentieverdeling en (rechts) Tukey-boxplot van de momentane afwijking en de Pearson's product-moment en de Spearman's rank correlatiecoëfficiënt ρ, r (-) voor de verschillende tijdsresoluties van de netspanning

tot 18 V ontstonden bij G_1 -data. Deze worden veroorzaakt door de grote gelijktijdigheid van netto-overproductie van elektrische energie op gebouwniveau, die resulteren in een accumulerende spanningsstijging. Die gelijktijdigheid wordt veroorzaakt door het samenvallen van pv-piekproductie bij elke woning, doordat deze enkel afhankelijk is van het (zelfde) klimaat. Zoals getoond in figuur 3 verschilt de verloren elektrische energie door het afschakelen van de omvormer bij een spanning van 253 V sterk tussen de verschillende tijdsresoluties, vanwege de gesimuleerde netsterkte en onderschatting van de overspanning. Op wijkniveau verschilt het energieverlies van 1,9 MWh bij het gebruik van G_{60} -data en 3,6 MWh bij het gebruik van G_1 -data. De verloren energie bedraagt respectievelijk 1,4% en 2,5% van de totale energielevering door pv.

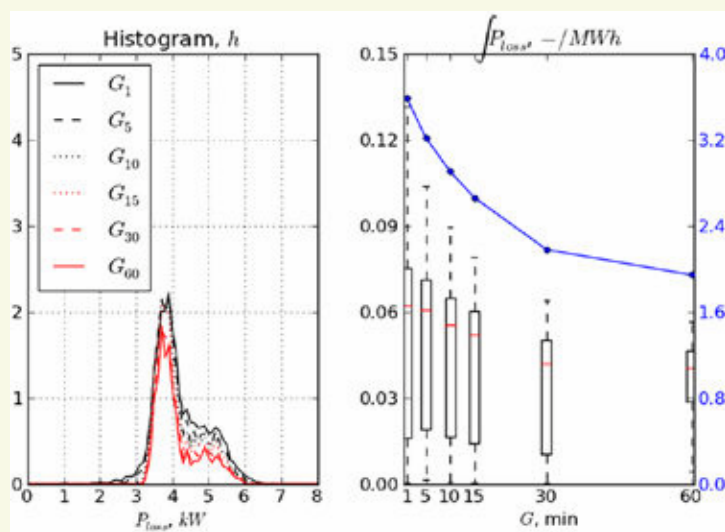
CONCLUSIE

Variatie van de tijdsresolutie voor huishoudelijk energiegebruik en voor meteorologische data tonen het belang van het gebruik van gedetailleerde data voor onderzoek naar de integratie van elektrische netwerken in gebouwsimulaties. Grote gelijktijdigheid van netto vermogenslevering op gebouwniveau in een residentiële gebouwde omgeving met een hoog aandeel pv zorgt voor een sterke onderschatting van overspanningen in het net als klimaatdata op uurbasis gebruikt worden. Het gebruik van minuutwaarden voor zonninstraling is hierbij cruciaal voor een correcte beoordeling van mogelijke afschakeling van de pv-omvormer door spanningsstijgingen. Het gebruik van sub-uurlijkse waarden voor

gebruikersgedrag is minder cruciaal.

REFERENTIES

1. R. Baetens et al., 'Assessing electrical bottlenecks at feeder level for residential net zero-energy buildings by integrated system simulation', Applied Energy, no. Special issue on Smart Grids, Renewable Energy Integration, and Climate Change Mitigation - Future Electric Energy Systems, 2012.
2. R. Baetens, R. De Coninck, L. Helsen, and D. Saelens, 'Integrated dynamic electric and thermal simulations for a residential neighborhood: Sensitivity to time resolution of boundary conditions', in Proc. of the 12th Conf. of The International Building Performance Simulation Association, 2011, pp. 1745-1752.
3. G. Verbeeck, 'Optimisation of extremely low energy residential buildings', K.U.Leuven, 2007.
4. I. Richardson, M. Thomson, and D. Infield, 'A high-resolution domestic building occupancy model for energy demand simulations', Energy and Buildings, vol. 40, no. 8, pp. 1560-1566, 2008.
5. Meteotest, 'Meteonorm Version 6.1 - Edition 2009'. Bern, 2008.



-Figuur 3- (links) De frequentieverdeling en (rechts) Tukey-boxplot van de momentane afwijking en de Pearson's product-moment en de Spearman's rank correlatiecoëfficiënt ρ, r (-) voor de verschillende tijdsresoluties van de inverter-verliezen door overspanning

www.remon.com

Aardwarmte - 't zat er al in en Remon haalt 't er weer voor u uit!

REMON

passie voor duurzame energie

Remon regelt voor installateurs, architecten en huiseigenaren het complete aardwarmte-systeem. En we leveren het sleutelklaar op tot aan de warmtepomp. Heel gemakkelijk, heel vertrouwd.

Waarom zo stellig? Omdat Remon het meest competente boorbedrijf van Nederland is en omdat we zorgvuldig geperfectioneerde techniek gebruiken.

Wat betekent dat in de praktijk?

- we boren snel de benodigde schachten, tot 300 meter diep
- we berekenen deskundig de bijbehorende leidingweerstand
- we werken netjes en schoon, zonder graafwerk in het terrein of boormateriaal dat achterblijft rondom het boorgat
- we stemmen 't systeem af op uw behoeften
- en we geven 25 jaar systeemgarantie

Waarom Remon?

- SIKB-erkend boorbedrijf
- open en gesloten bronsystemen
- grote en kleine boormachines, geschikt voor elk terrein
- landelijk opererende servicedienst - 24/7 service
- meer dan 25 jaar ervaring

Marum | Dalfsen | Ospel

0594 64 80 80 | 0529 43 50 40 | 077 466 00 45