



Grootschalige integratie van windturbines

Hoe kunnen windturbines deelnemen aan de frequentieregeling in het net?

ALLE VERANDERINGEN IN HET ELEKTRICITEITSNET VAN DE LAATSTE JAREN ZORGEN VOOR HEEL WAT NIEUWE UITDAGINGEN. KUNNEN OOK WINDTURBINES HIER EEN ROL IN SPELEN? VERSCHILLENDE ONDERZOEKEN EN STUDIES PROBEREN HIER EEN ANTWOORD OP TE BIJEN. ZO IS ER OPTIWIND, EEN SBO-PROJECT GEFINANCIERD DOOR HET IWT, WAAR DE VUB, SIRRISS, KU LEUVEN, UGENT, 3E EN LMS INTERNATIONAL OP ZOEK GAAN NAAR EEN MANIER OM DE ENERGIE DIE WORDT OPGEWEKT DOOR WINDTURBINES IN HET ELEKTRICITEITSNET TE INJECTEREN. MEER OVER DE TECHNISCHE MOGELIJKHEDEN VAN HET NET EN VAN WINDTURBINES WORDT IN DIT ARTIKEL UIT DE DOEKEN GEDAAN.

J. VAN DE VYVER, S. GILLAERTS EN L. VANDEVELDE –
UNIVERSITEIT GENT

Het elektriciteitsnetwerk is een vernuftig staaltje techniek. Op elk moment van de dag verbruiken we elektriciteit zonder daarbij na te denken. De betrouwbaarheid van de energievoorziening is zeer hoog. Op enkele beperkte – vaak aangekondigde – momenten na, beschikken we altijd over elektriciteit. Maar deze hoge betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening is helemaal niet zo vanzelfsprekend. Het elektriciteitsnetwerk bestaat immers uit een verzameling van miljoenen consumenten en producenten. De consumenten verbruiken energie wanneer ze het nodig hebben en de producenten zorgen ervoor dat die energie geleverd kan worden. Bovendien zijn de meeste elektrische apparaten behoorlijk kieskeurig: ze aanvaarden enkel netspanningen binnen bepaalde grenzen, anders stoppen ze met werken. Om aan al deze eisen te kunnen voldoen, is er dus heel wat regeling nodig, anders loopt het fout. Het razendsnel bijregelen van de energieproductie bij snelle belastingschommelingen en het regelen van de netspanning zijn voorbeelden van de zogenaamde netondersteunende diensten. Deze diensten worden voornamelijk door de energiecentrales geleverd om in te staan voor een betrouwbare energievoorziening.

Door de opkomst van hernieuwbare energiebronnen zoals windturbines en zonnepanelen in de laatste jaren is het elektriciteitsnetwerk sterk veranderd. Plotseling is het niet enkel meer de elektriciteitsvraag die sterk kan variëren, maar ook de elektriciteitsproductie, afhankelijk van wind of zon. Het balanceren van vraag en aanbod wordt moeilijker, net als het regelen van de spanning. Er ontstaat dus een grotere vraag naar netondersteunende diensten. Vele hernieuwbare energiebronnen ondersteunen hierin het net nauwelijks, wat bij een verdere groei een uitdaging vormt voor de regeling van het net. Er is dus een hogere nood aan netondersteunende diensten, maar er zijn minder energiecentrales die ze aanbieden. Gelukkig kunnen windturbines wel deze diensten leveren. Dat zal in de nabije toekomst dan ook meer en meer gebeuren. Windturbines kunnen dus helpen bij het snel bijregelen van de energieproductie in geval van plotse veranderingen in vraag en aanbod (bijvoorbeeld bij een storing in een energiecentrale).

Wat is frequentieregeling?

Het is heel belangrijk dat de elektriciteitsproducenten hun elektriciteitsaanbod op elk ogenblik afstemmen op de vraag. Maar dat is niet



Met de steun van





vanzelfsprekend. Hoe kunnen de elektriciteitsproducenten weten wanneer ze meer of minder moeten produceren? Ze weten dat dankzij de frequentie van het wisselspanningsnet. In het Europese net wisselt de spanning 50 keer per seconde tussen een positieve en een negatieve waarde, wat overeenkomt met een frequentie van 50 Hz. De frequentie is altijd en overal in het netwerk dezelfde: dat betekent dat de frequentie zowel in België als in Spanje 50 Hz is. Daarnaast geeft de frequentie ook informatie over de balans tussen vraag en aanbod: wanneer de frequentie hoger is dan 50 Hz betekent dat een teveel aan elektriciteit, wanneer de frequentie lager is dan 50 Hz betekent dat een tekort aan elektriciteit.

De frequentie is de ideale manier voor de energiecentrales om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen.

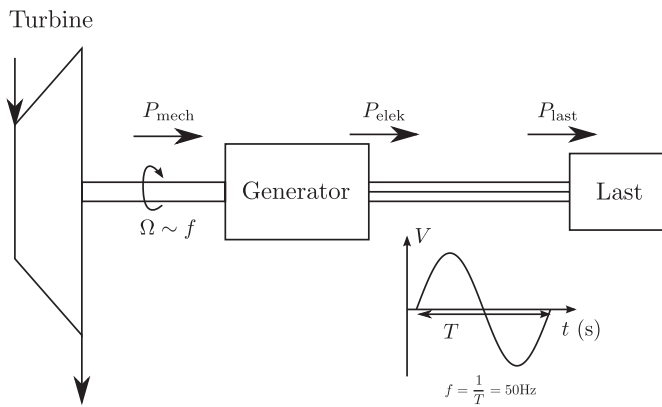
Hoe passen we nu het aanbod automatisch aan aan de vraag? Dat is eenvoudig uit te leggen aan de hand van een voorbeeld. In de energiecentrale levert de generator elektriciteit (vermogen) aan een huis (last). De geleverde elektriciteit is altijd dezelfde als de hoeveelheid elektriciteit dat het huis nodig heeft. Dat is een natuurwet. Het toerental Ω van de generator bepaalt de frequentie f van de spanningen en stromen in het net. Dat betekent dat wanneer de generator aan 50 toeren draait per seconde, de netfrequentie ook 50 Hz is. Het is heel belangrijk dat deze frequentie zo constant mogelijk blijft. Daarom levert een turbine een constant mechanisch vermogen aan de genera-

tor. Op die manier gaat er evenveel mechanisch vermogen naar de generator als elektrisch vermogen uit diezelfde generator.

toerental Ω van de generator \sim frequentie f van de spanningen en stromen in het net

Maar soms, bijvoorbeeld 's avonds, is er meer elektriciteit nodig in een huis. Op dat moment zal de generator ook automatisch meer elektriciteit leveren aan het net. Maar het mechanische vermogen dat door de turbine naar de generator wordt gezonden zal in het begin evenveel blijven. Dat betekent dat er op dat moment meer energie uit de generator gaat dan dat erin komt. Gelukkig heeft de generator een roterende massa (inertie), in die massa zit ook energie opgeslagen (kinetische energie). Je kan die roterende massa het best vergelijken met een draaiende tol. De energie die in die draaiende tol opgeslagen zit, zal dus ook geïnjecteerd worden in het net zodat vraag en aanbod terug gelijk zijn. Deze automatische, stabiliserende injectie van kinetische energie wordt inertierespons genoemd. Het spreekt natuurlijk voor zich dat deze situatie niet te lang mag blijven duren want een vertraging van de generator resulteert na verloop van tijd ook in een lagere frequentie in het net.

De inertie is dus van heel groot belang wanneer vraag en aanbod niet meer in evenwicht zijn én geeft de energiecentrale de tijd om het me-



chanisch vermogen van de turbine aan te passen aan de vraag van het net. Een grote inertie zorgt voor een trage verandering van de frequentie, terwijl een lage inertie voor snellere veranderingen zorgt. Een frequentieregelaar in de energiecentrale meet continu hoe hoog de frequentie is (meer of minder dan 50 Hz) en past het mechanisch vermogen aan in geval van een frequentieverandering. Op deze manier worden vraag en aanbod continu in evenwicht gehouden.

Windturbines en inertierespons

Wat is er nu zo bijzonder aan windturbines? In tegenstelling tot de conventionele generatoren en turbines in energiecentrales dragen zij niet of nauwelijks bij aan de inertie van het net. Windturbines hebben draaiende turbinebladen (de wieken) en een generator, maar die zijn niet rechtstreeks aan het net gekoppeld. De turbinebladen en generator draaien dus niet aan dezelfde snelheid als de netfrequentie. De reden voor deze ont koppeling is het maximaliseren van de energieopbrengst van de windturbine. Het vermogen P_{mech} dat een windturbine levert, wordt namelijk sterk bepaald door het toerental Ω . Voor elke windsnelheid bestaat er een optimaal toerental waarbij de opbrengst maximaal is. Omdat de windsnelheid continu verandert en het belangrijk is om toch zo veel mogelijk energie uit de wind te halen, is de windturbine uitgerust met een vermogenselektronische omvormer. De omvormer regelt de rotatiesnelheid van de windturbine naar deze optimale waarde. De stroom die door de generator van de windturbine wordt opgewekt heeft een frequentie die evenredig is aan het toerental. De omvormer is in staat om deze stroom met frequentie f_{gen} om te zetten in een stroom met frequentie f die in het net kan geïnjecteerd worden. De omvormer zorgt ervoor dat het vermogen P_{elek} dat in het net wordt geïnjecteerd altijd gelijk is aan het maximale vermogen dat de turbine kan produceren.

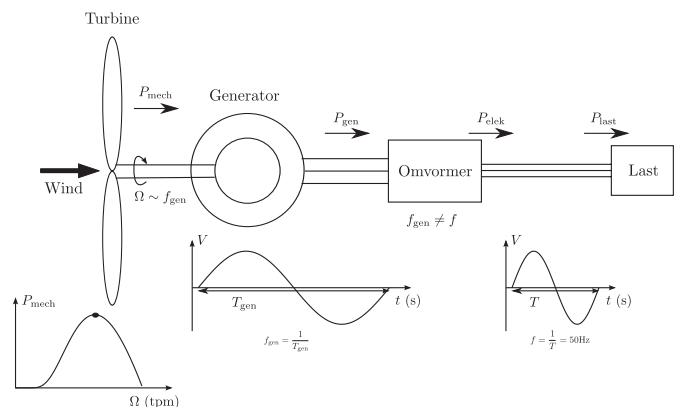
De ont koppeling tussen de draaisnelheid van de windturbine en de frequentie van het net heeft als voordeel dat de draaisnelheid niet zal dalen wanneer de frequentie in het net daalt. De omvormer blijft immers nog steeds hetzelfde vermogen injecteren en de vermogensbalans tussen het mechanisch vermogen van de turbine en het elektrisch vermogen is in evenwicht. Hierdoor blijft de windturbine dus steeds het maximale vermogen in het net injecteren en gaat er geen hernieuwbare energie verloren.

Wanneer het aandeel windturbines in de energieproductie sterk toeneemt, zal deze ont koppeling een uitdaging zijn voor de frequentieregeling van het net. De windturbines blijven immers aan dezelfde snelheid draaien gedurende een frequentieverandering en de kinetische energie die aanwezig is in de rotor van de windturbine blijft dus ongewijzigd. Er is geen automatische stabiliserende injectie van kinetische energie uit de inertie te bespeuren bij windturbines. Als windturbines conventionele generatoren vervangen, daalt de totale inertie in het net.

En dat zorgt voor snellere en heviger variaties van de netfrequentie, wat op zijn beurt de frequentieregeling bemoeilijkt.

Momenteel injecteren de meeste windturbines niet automatisch extra kinetische energie in het net wanneer de frequentie begint te dalen, maar ze zouden dat in de toekomst wel meer en meer kunnen doen. Er wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om hen het gedrag van de conventionele generatoren te laten nabootsen. Er kan een extra regellus aan de vermogensomvormer toegevoegd worden die de netfrequentie continu opmeet en extra vermogen in het net injecteert wanneer de frequentie verandert. Op dat moment ontstaat er een onevenwicht tussen vraag (het elektrisch vermogen dat de windturbine in het net injecteert) en aanbod (het mechanisch vermogen dat door de turbinebladen wordt geleverd). Net zoals bij de conventionele generator zal de rotatiesnelheid van de windturbine beginnen afnemen en wordt er kinetische energie uit de rotorinertie in het net geïnjecteerd. Op deze manier wordt de voorheen ont koppelde inertie van de turbinerotor toch benut om een inertierespons te leveren.

Het belangrijkste verschil tussen een windturbine en een conventionele generator is het feit dat de periode van verhoogde vermogensinjectie wel moet gevolgd worden door een periode met een verlaagde vermogensinjectie. Want gedurende de inertierespons neemt de draaisnelheid van de windturbine af. Hierdoor is de rotorsnelheid niet meer optimaal en wordt er dus minder energie opgewekt dan wat mogelijk is. Om toe te laten dat de windturbine terugkeert naar dat optimale werkingsspunt moet de injectie in het net dus kortstondig verlaagd worden zodat de windturbine opnieuw sneller kan beginnen draaien. Gelukkig is dat geen probleem want de nagebootste inertierespons geeft de andere generatoren in het net meer tijd om hun vermogen te verhogen, net zoals met fysieke inertie het geval was.



Een zekere toekomst?

Hoewel grootschalige integratie van windturbines heel wat uitdagingen met zich meebrengt, kunnen ze ook echt oplossingen bieden voor problemen die zich voordoen. De snelle regelmogelijkheden van de vermogensomvormer bieden heel wat opties voor het leveren van netondersteunende diensten. Het leveren van inertierespons met windturbines is een goede stap om ook in de toekomst over een betrouwbare elektriciteitsvoorziening te kunnen beschikken. Ook een uitgebreidere frequentieregeling en spanningsregeling kunnen technisch gezien door windturbines aangeboden worden en deze mogelijkheden worden dan ook uitgebreid onderzocht. Naast het technische luik zijn echter ook de regelgeving en een langetermijnvisie op de elektriciteitsvoorziening van groot belang. Dat zal bepalen in welke mate windturbines in de toekomst zullen bijdragen aan het regelen van het net. Mits voldoende innovatie lijkt een betrouwbare elektriciteitsvoorziening in de toekomst dus geen illusie maar een feit! En dat deze voorziening kan gebeuren met hernieuwbare energiebronnen is een zeer belangrijke surplus.