



TECHNISCHE FICHES

Dit document maakt deel uit van 4 fiches

Microwindturbines

1. Het gebruik van windenergie: een veelheid aan mogelijkheden
2. De elektrische installatie
3. **Netkoppeling, eilandbedrijf en operationele aspecten**
4. Wetgevende aspecten, problemen en defecten

Deze technische fiches werden gemaakt voor het project TechnologieWacht

In samenwerking met KHBO en Power-Link

DEEL 3 – Netkoppeling, eilandbedrijf en operationele aspecten

1: Netkoppeling

1.1: Inleiding

Iedere elektrotechnicus is zich bewust van de noodzaak van een goede en veilige aansluiting van een installatie op het elektriciteitsnet. Bij installaties die energie terugvoeden in het net, zoals bijvoorbeeld zonnepanelen, is dit extra van belang. Denken we maar aan het vermijden van een te grote spanningsval op de aansluiting, de noodzaak van een anti-eilandmodus (waarbij omvormers zich automatisch uitschakelen bij netuitval), het hebben van een goede aarding enzovoort. Deze aspecten zijn allemaal van groot belang voor het correct en veilig functioneren van een fotovoltaïsche installatie.

Bij kleine windturbines is de situatie niet anders, integendeel. Omdat windturbines roterende machines met een bepaalde mechanische inertie zijn, dienen soms extra veiligheidsmaatregelen genomen te worden. Bij het wegvallen van het net of een herankoppeling van de installatie kan deze inertie voor ongewenste effecten op het elektriciteitsnet zorgen.

De voorschriften voor netkoppeling van kleinschalige energieopwekkende systemen aan het openbare elektriciteitsnet worden gedefinieerd in de Synergrid reglementen C10/11: “*Specifieke technische voorschriften voor decentrale productie-installaties die in parallel werken met het distributienet*”, C1/107: “*Algemene technische voorschriften voor de aansluiting van een gebruiker op het LS-distributienet*” en C10/19: “*Aansluiten van storende belastingen in laagspanning*” (www.synergrid.be).

Verder bieden de documenten EN 50438: “*Requirements for the connection of micro-generators in parallel with public low-voltage distribution networks*”, IEC 61400-21: “*Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines*” en de IEC 61000 normering omtrent EMC een dieper inzicht in deze materie.

Kleine windturbines zijn echter een relatief nieuw en ‘marginaal’ fenomeen. Het zal de lezer van de Synergrid C10/11 reglementen opvallen dat, hoewel de voorschriften generiek zijn opgesteld, deze op het eerste gezicht vooral op maat van fotovoltaïsche installaties en grote windturbines zijn geschreven. Ook bij de keuringsinstanties ontbreekt vaak specifieke expertise omtrent kleine windturbines en worden deze administratief al snel als een fotovoltaïsche installatie beschouwd. Zelfs de Vlaamse Energieregulator (VREG) heeft op moment van schrijven geen specifieke procedure om de installatie aan te melden teneinde groenestroomcertificaten te kunnen ontvangen. Hierdoor dient de eigenaar van de kleine windturbine het complexe formulier voor grote installaties in te vullen.

In wat volgt zullen we de technische bepalingen bespreken die geldig zijn voor de aansluiting van kleine en middelgrote windturbines met een maximaal AC vermogen van 300kW op het laagspanningsnet, in het vervolg ‘de installatie’ genaamd. Voor andere types installatie wordt verwezen naar het Synergrid C10/11 reglement.

1.2: De grootte van de installatie

Net zoals bij fotovoltaïsche systemen maakt de netbeheerder een onderscheid tussen kleine en grote installaties. De grens ligt hier bij een maximaal AC vermogen van

- 5kVA bij enkelfasig systeem
- 10kVA bij meerfasig systeem

Alle installaties met een maximaal vermogen kleiner of gelijk aan deze grenzen worden in wat volgt als **kleine installaties** aangeduid. Alle andere installaties worden **grote installaties** genoemd.

Een installatie met een vermogen groter dan 5kVA dient verplicht meerfasig aangesloten te worden. Het is verder ook niet toegelaten 3 enkelfasige systemen van elk 5kVA op een driefasige netaansluiting aan te sluiten en dit als drie kleine installaties te beschouwen daar het totaal resulterende vermogen van 15kVA de grens van 10kVA overschrijdt, ook al bestaat de installatie uit drie fysisch aparte enkelfasige generatoren (bijvoorbeeld 3 windturbines).

Indien de grens van 10kVA vermogen overschreden wordt zal de installatie door de netbeheerder automatisch aanzien worden als een grote installatie, waar de volledige veiligheidsbepalingen op van toepassing zijn. Deze limiet geldt op het totaal geïnstalleerde productievermogen, dus andere generatoren die eventueel naast de kleine windturbine aanwezig zijn tellen hier ook in mee. Als op een bepaalde netaansluiting een zonnepaneelinstallatie van 8 kW aanwezig is en de eigenaar wenst nog een turbine van 3kW te plaatsten wordt het geheel als een grote installatie beschouwd.

Het is niet toegelaten de installatie zelf een vermogenbegrenzing op te leggen, bijvoorbeeld door middel van een stroommeting en relais, om zo onder een bepaalde vermogensgrens te blijven. Men dient steeds het maximale vermogen van de installatie aan de netbeheerder aan te geven. Vermogenbegrenzing is enkel in specifieke gevallen mogelijk en steeds in overleg met de netbeheerder.

De installateur dient er ook rekening mee te houden dat een installatie op een driefasig 230V net (3x230V zonder nulleider) de mogelijkheid moet hebben omgebouwd te worden naar een driefasig 400V net (3x400V + nulleider).

1.3: De opbouw van de installatie

Een netgekoppelde installatie bestaat steeds uit minstens drie onderdelen:

- de generator die het elektrische vermogen opwekt,
- het scheidingsstelsel dat de installatie van het net kan scheiden,
- het beveiligingsrelais dat de installatie van het net koppelt bij onregelmatigheden.

Bij kleine installaties kan onder bepaalde omstandigheden het scheidingsstelsel en het beveiligingsrelais vervangen worden door het zogenaamde 'automatisch scheidingsstelsel'. Dit is een vereenvoudigde beveiliging die de installatie automatisch van het net koppelt en eventueel uitschakelt als bepaalde parameters overschreden worden (zie Limieten).

Bij windturbines die door middel van een vermogenelektronische omvormer aan het net gekoppeld worden, is dit automatisch scheidingsstelsel meestal al opgenomen in de omvormer (vergelijk met de situatie bij zonnepaneelomvormers). Bij overschrijding van bepaalde parameters, bijvoorbeeld een te hoge netspanning, zal de omvormer zich automatisch van het net koppelen. De omvormer is ook niet in staat in eilandwerking te gaan, waardoor bij het wegvallen van het net de installatie onmiddellijk wordt uitgeschakeld. De fabrikant van de omvormer dient een erkend certificaat voor te leggen waaruit blijkt dat het automatisch scheidingsstelsel is ingesteld volgens de bepalingen van het AREI en de DIN V VDE V 0126-1-1 norm. Voor courante merken van omvormers is dit meestal al geregeld.

Het automatisch scheidingsstelsel kan ook door de installateur voorzien worden. Dit is bijvoorbeeld het geval als het niet in de omvormer aanwezig is of als het niet door de netbeheerder erkend wordt. De installateur kan dit voorzien in de vorm van een door de netbeheerder erkend ontkoppelingrelais (zie de lijst met erkende materialen op de Synergrid website) dat geparametreerd wordt volgens de bepalingen van het AREI en de DIN V VDE V 0126-1-1 norm. Het relais dient door een erkend labo ingesteld, uitgetest en verzegeld te worden. Meestal kan dit via de netbeheerder gebeuren.

1.4: Toleranties

De netbeheerder schrijft enkele tolerantiebanden voor waarin de installatie te allen tijde optimaal dient te werken. Voor installaties op laagspanning zijn deze als volgt:

Spanning

De installatie werkt optimaal binnen een spanningsbereik $U = 230V \pm 10\%$ (fasespanning). Deze tolerantie kan uitgebreid worden indien er zich op de kabel tussen het aansluitpunt en de generator een spanningsval of een spanningsstijging voordoet.

Frequentie

Hier gelden geen specifieke vereisten, doch het is aanbevolen dat de installatie optimaal functioneert bij netfrequenties tussen 47,5 Hz en 51,5 Hz. Het dient opgemerkt te worden dat de installatie zich te allen tijde passief ten opzichte van de netfrequentie dient te gedragen en de netfrequentie niet mag beïnvloeden of dient te ondersteunen.

Spanningsdips

Hier gelden geen specifieke vereisten.

1.5: Limieten

Naast toleranties, legt de netbeheerder ook bepaalde limieten op. Dit zijn maximale waarden waarbuiten de installatie uitgeschakeld dient te worden. Soms is er een overlapping tussen de limieten en de tolerantiebanden mogelijk, waarbij de limieten steeds voorrang hebben op de toleranties.

Hieronder worden de limieten voor installaties in de algemene situatie opgesomd. Deze zijn gebaseerd op de AREI artikelen 235.01 c1) en d) en de normering DIN V VDE V 0126-1-1. Deze algemene situatie is van toepassing voor kleine installaties voorzien van een automatisch scheidingsstelsel. Voor grote installaties maakt de netbeheerder een specifieke berekening op basis van de netparameters waardoor de limieten voor dergelijke installaties mogelijk strenger kunnen uitvallen. Bij een overschrijding van de limieten dient de installatie van het net gekoppeld te worden. Dit dient ofwel onmiddellijk te gebeuren, ofwel binnen een door de netbeheerder vastgelegde tijd.

1.5.1: Spanning

De maximum spanning is vastgelegd op 253V (nominale netspanning +10%). Betreffende de minimum spanning, is een vertraagde uitschakeling (1,5s) vereist bij een spanning tussen 50% en 85% van de nominale uitgangsspanning. Een onmiddellijke uitschakeling is vereist bij een spanning lager dan 50% van de nominale uitgangsspanning.

1.5.2: Frequentie

De minimale frequentie is vastgelegd op 47,5Hz en de maximale frequentie is vastgelegd op 50,5Hz.

1.5.3: Onbalans

Er is maximaal 20A onbalans tussen verschillende fasen toegelaten.

1.5.4: Fasedetectie

Grote installaties dienen uitgeschakeld te worden indien een fase van het net wegvalt.

1.5.5: Anti-eilandwerking

Er is een maximaal frequentieverloop van 1 Hz/s toegelaten en er is een maximale vectorsprong van 7° toegelaten.

1.6: Specifieke bepalingen voor windturbines

De tot hertoe beschreven methode (met bijhorende toleranties en limieten) tot netkoppeling is een generieke methode die geldig is voor alle energieproducerende installaties die op het laagspanningsnet worden aangesloten. Voor bijvoorbeeld installateurs van fotovoltaïsche panelen is dit al gekende materie.

Het aansluiten van een kleine of middelgrote windturbine brengt nog een aantal extra aandachtspunten tegenover fotovoltaïsche panelen met zich mee. Het grootste verschil tussen windturbines en fotovoltaïsche panelen is immers de aard van de technologie.

Daar waar een fotovoltaïsche installatie enkel uit solid state elektronische elementen bestaat, is een windturbine een elektromechanisch systeem dat over roterende massa's met een bepaalde inertie beschikt. Bij het wegvallen van het elektrische net reageert een fotovoltaïsche installatie onmiddellijk, terwijl windturbines een bepaalde traagheid hebben om op dergelijke gebeurtenissen te reageren. Zonder afdoende beveiliging zou het net zich in deze tijdspanne in een onbekende toestand kunnen bevinden. De netbeheerder kan van de windturbine-installateur dan ook extra veiligheidsmaatregelen verwachten. Deze zijn afhankelijk van de gebruikte technologie, meer bepaald het type generator en/of het type omvormer.

1.6.1: Omvormer gekoppelde systemen

De meeste kleine windturbines bestaan tegenwoordig uit PMSG (Permanente Magneet Synchron Generatoren) die via vermogenelektronische omvormers aan het net gekoppeld worden. Dit zijn vaak de best presterende systemen omdat de omvormer geprogrammeerd wordt met de karakteristieken van de kleine turbine en zo steeds een optimale elektrische belasting (de injectie in het net) aanlegt.

Omvormer gekoppelde systemen zijn ook vanuit het standpunt van de elektrische aansluiting het meest interessant. Vaak voldoet de omvormer aan de DIN V VDE V 0126-1-1 norm en hoeft de installateur bij een kleine installatie geen verdere maatregelen naar netkoppeling toe te nemen. Indien de omvormer niet voldoet, kan dit alsnog opgelost worden door de plaatsing van een gecertificeerd ontkoppelrelais. Ook bij grote installaties dienen meestal geen extra maatregelen genomen te worden en voldoet een netontkoppelbeveiliging zoals bij grote fotovoltaïsche systemen.

1.6.2: Asynchrone generatoren

In het segment van de iets grotere windturbines (>10kVA) worden soms ook asynchrone generatoren gebruikt. De asynchrone generator is een robuuste generator met een bewezen technologische degelijkheid die toelaat om het elektrisch gedeelte van de turbine eenvoudig te houden. Een asynchrone generator is ook een stuk goedkoper dan een PMSG met een vergelijkbaar vermogen.

Het gebruik van een asynchrone generator biedt vanuit het standpunt van de netkoppeling een groot voordeel: de installatie is niet in staat om in eilandwerking over te gaan (althans voor zover er geen lokale condensatorbank aanwezig is). Asynchrone generatoren nemen reactief vermogen op uit het net om hun draaiveld op te bouwen. Wanneer het net wegvalt, valt ook de bron van het reactief vermogen weg. Er is niet langer een draaiveld wat er voor zorgt dat ook de elektrische productie wordt stopgezet. Voor kleine windturbines met asynchrone generatoren vervallen dan ook de meeste vereisten qua netkoppeling, enkel de maximum spanning en de minimum spanning moeten gecontroleerd worden. Voor grote windturbines zijn de algemene vereisten nog steeds geldig.

De asynchrone generator heeft echter ook een groot nadeel naar netkoppeling toe: het veelvuldig aan en afkoppelen van het net bij lage windsnelheden. Een windturbine met asynchrone machine overschrijdt bij haar cut-in windsnelheid het synchrone toerental van de machine en gaat in de zogenaamde supersynchrone generatorwerking. Bij lagere windsnelheden zou de machine subsynchroon en dus in motorwerking functioneren. Om te vermijden dat de asynchrone machine energie zou verbruiken, dient ze dan ook van het net gekoppeld te worden door middel van een elektronisch regelsysteem.

Indien de windsnelheid rond de cut-in windsnelheid varieert, schakelt de asynchrone machine veelvuldig van motorwerking naar generatorwerking over en omgekeerd. Iedere keer de machine in generatorwerking gaat wordt ze aan het net gekoppeld, wat gepaard gaat met een relatief grote inschakelstroom en een spanningspiek. De netbeheerder vereist in deze situatie dat de inschakelstroompiek beperkt wordt tot 150% van de nominale stroom tijdens de eerste sinusalternantie. De inschakelstroompiek moet beperkt worden tot 120% van de nominale stroom uitgemiddeld over een periode van 200ms. De installateur kan dit bewerkstelligen via de plaatsing van een softstarter.

Vooraf bij grotere vermogens kan het veelvuldig afkoppelen en aankoppelen ook voor spanningsvariaties zorgen die aanleiding geven tot flicker. De installateur dient maatregelen te treffen om dit probleem te remediëren, bijvoorbeeld door strengere instellingen van de softstarter.

1.6.3: Synchrone generator

Er bestaan kleine en middelgrote windturbines, vooral dan bij de types met verticale as, die van een synchrone generator gebruik maken om elektrische energie te produceren. In tegenstelling tot de hierboven besproken systemen met PMSG, worden deze turbines rechtstreeks met het net gekoppeld. Hun toerental is dan ook gelijk aan de netfrequentie. Het koppelen van synchrone machines aan het elektriciteitsnet gaat echter gepaard met een aantal extra veiligheidsmaatregelen, wat hen van alle besproken windturbines het moeilijkst aan te sluiten maakt. Het grote nadeel van turbines met een rechtstreeks netgekoppelde synchrone generator is dat deze in staat zijn in eilandbedrijf te werken (soms is dat natuurlijk ook een voordeel). Zij kunnen voor problemen zorgen als het lokale net van het openbare net losgekoppeld is (dus in eilandbedrijf werkt).

Inderdaad, een synchrone generator van voldoende vermogen kan een afgeschakeld net in eilandbedrijf ondermeer een spanning en spanningsfrequentie opleggen die niet aan de vereisten voldoet.

Er moet eveneens opgelet worden indien de generator op het bestaande publieke net gekoppeld wordt. Een verschil in grootte, frequentie en fase van de gegenereerde spanning en de bestaande netspanning kan immers voor grote uitwisselstromen zorgen tijdens de koppeling. Bij een zwak publiek net kan een synchrone generator van groot vermogen, na inschakeling, de publieke netspanning beïnvloeden zodat deze niet langer aan de vereisten voldoet.

Bij het gebruik van windturbines met netgekoppelde synchrone generatoren vereist de netbeheerder steeds dat er ook een synchrocheck geplaatst wordt. Dit toestel zal een netkoppeling enkel mogelijk maken indien de grootte van het spanningsverschil en het faseverschil binnen een door de netbeheerder opgelegde marge blijven. Typisch is dit een spanningsverschil met een grootte van maximaal 5% en een faseverschil van maximaal 5°.

Bij kleine installaties die geen synchrone generatoren bevatten kan de synchrocheck weggelaten worden.



Een ontkeppelbord voor kleine windturbines met voorziening voor groenestroommeter

2: Eilandbedrijf

2.1: Inleiding

Onder bepaalde omstandigheden kan het gebruik van kleinschalige windenergie in eilandbedrijf, d.i. afgekoppeld van het openbare elektriciteitsnet, interessant lijken. Dit is vooral het geval bij afgelegen plaatsen waar geen of slechts een zwak elektrisch net aanwezig is. Verder bieden microwindturbines een mogelijkheid om kleine belastingen zoals schrikdraad of waterpompen te voeden op plaatsen waar een elektrische aansluiting te duur zou uitvallen (bijvoorbeeld op een akker). Sommige bedrijven zien er ook een mogelijkheid in om toch in hun energiebehoefte te voorzien zonder de door de netbeheerder vereiste investeringen in netbeveiliging te moeten maken. Installaties die niet met het elektriciteitsnet in verbinding staan vallen immers niet onder de regels van de netbeheerder (maar uiteraard nog steeds onder de AREI regels). Een andere toepassing kan het blijven voeden van een installatie tijdens een netonderbreking zijn.

Het werken in eilandbedrijf is echter niet zo eenvoudig. Men dient er bijvoorbeeld nu zelf voor te zorgen dat de beschikbare elektrische energie gelijk is aan de gevraagde hoeveelheid energie, dat de frequentie van het eilandnet compatibel blijft met de aangesloten apparaten, dat er voldoende reactief vermogen voor de eventueel aangesloten inductiemachines wordt voorzien enzovoort. In conventionele omstandigheden verzorgt het openbare elektrische net deze functies.

Er is ook een belangrijke economische factor. Hoewel een eilandnet in sommige omstandigheden een aansluiting op het openbare net overbodig kan maken, dient er wel een initiële investering in extra apparatuur en energieopslagcapaciteit te gebeuren. Bovendien gaat deze energieopslag ook gepaard met een bepaald rendement, wat de operationele kosten van het eilandnet kan doen stijgen. Als laatste dient ook aangestipt te worden dat installaties in eilandbedrijf niet in aanmerking komen voor groenestroomcertificaten.

In wat volgt worden twee courante realisaties van eilandbedrijf besproken.

2.2: DC gekoppeld eilandbedrijf

De meest eenvoudige manier van eilandbedrijf is de DC koppeling. Hierbij voedt de windturbine zijn energie rechtstreeks aan een batterij. De batterij wordt dan gebruikt om DC apparatuur van energie te voorzien of om via een wisselrichter AC apparatuur te voeden.

Het grote voordeel van deze methode is de eenvoud en de lage kostprijs. De windturbine kan via een eenvoudige laadcontroller aan de batterij aangesloten worden en AC belastingen kunnen via een goedkope sinusinverter van energie voorzien worden.

Het grote nadeel van deze methode is de opbrengst, dit zowel energetisch als economisch. Dit valt uiteen in de volgende punten:

2.2.1: Meestal geen MPPT

Het rendement van een windturbine is sterk afhankelijk van de mate waarin de aangelegde belasting de power curve van de turbine volgt. Dit is het zogenaamde *maximum power point tracking* principe of MPPT principe. Bij batterijgekoppelde systemen is er vaak geen of slechts een zeer beperkte MPPT aanwezig. Vaak wordt tussen de uitgang van de windturbine en de batterij enkel een laadcontroller voorzien die de batterij oplaadt wanneer de uitgangsspanning van de turbine voldoende hoog is. Op deze manier gaat veel opbrengst van de turbine verloren. Het toevoegen van MPPT vereist een gespecialiseerde DC-DC omvormer, wat de kostprijs van de installatie dan weer verhoogt.

2.2.2: Capaciteit batterij

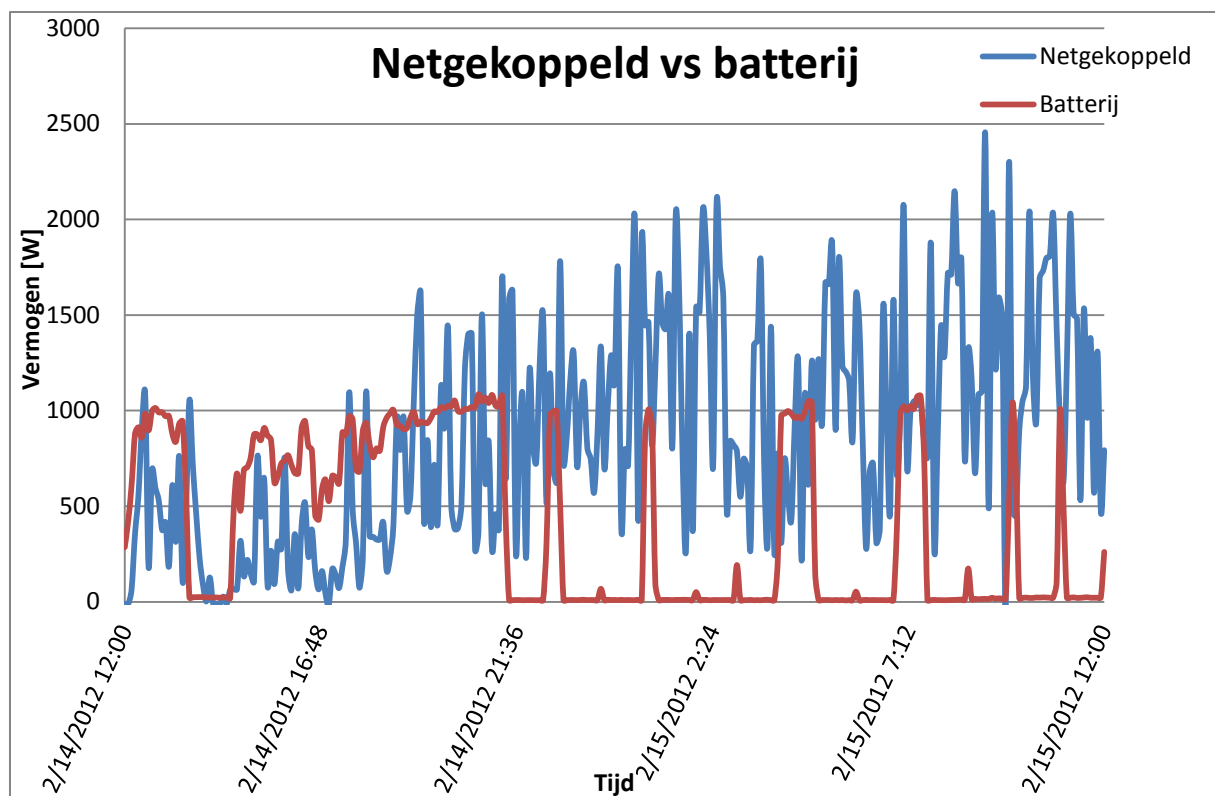
Een ander nadeel van een batterij gekoppeld systeem is de capaciteitsbeperking van de batterij. Zowel het vermogen dat deze batterij kan opnemen als de hoeveelheid energie die opgeslagen kan worden is beperkt. Bij netgekoppelde systemen functioneert het net als oneindige batterij, het net neemt elk overschot in het geproduceerde vermogen op en dit gedurende een onbeperkt lange tijd. Een 3,5kW turbine kan bij vollast zonder problemen haar volledige vermogen, waar een stroom van 15A bij 230V mee overeenstemt, injecteren in het net. Bij een batterij gekoppeld systeem dient de batterij in een dergelijke situatie 73A bij een typische batterijspanning van 48V te absorberen. Vaak is de batterijbank hier niet op gedimensioneerd en piekt ze af op een lagere stroom, bij een 100Ah batterij kan dit bijvoorbeeld 35A maximale laadstroom zijn. Hierdoor wordt een groot deel van het beschikbaar vermogen in de wind die de generator anders in elektrisch vermogen kan omzetten, in dit voorbeeld 1,8kW (38A x 48V) van de totale 3,5kW, niet benut.

Een gelijkaardig probleem stelt zich ook als de batterij vol geladen is. Wanneer er minder vermogen verbruikt wordt dan er geproduceerd wordt, kan het vermogenoverschot niet meer opgeslagen worden in de batterij.

Vaak gaat de turbine dan trager draaien of stopt ze zelfs volledig, waardoor de energie in de wind niet meer (volledig) benut wordt.

In onderstaande figuur wordt een 3,5kW turbine aangesloten op een batterij (rode grafiek) die maximaal 1kW laadvermogen kan absorberen (een 75Ah batterij) vergeleken met een netgekoppelde turbine van hetzelfde type. Het valt op dat de batterijgekoppelde turbine al snel tegen de maximale laadcapaciteit van de batterij aanloopt. Eenmaal de batterij vol is valt de productie van de turbine stil en genereert ze enkel nog energie wanneer er energie uit de batterij wordt opgenomen. De netgekoppelde turbine kan echter blijven injecteren en zal over dezelfde tijdspanne dus meer energie gegenereerd hebben. Op het einde van het afgebeelde interval had de netgekoppelde turbine 23kWh gegenereerd, terwijl de batterijgekoppelde turbine 7kWh genereerde. Dit onder identieke windomstandigheden.

Bemerk ook dat de energieproductie van beide turbines niet perfect hetzelfde is, ook tijdens periodes waarin de batterij voldoende absorptiecapaciteit heeft. Dit valt te traceren tot de verschillende MPPT algoritmes (de batterijgekoppelde turbine heeft een andere omvormer).



2.2.3: Beperkt rendement van de opslag en energieconversie

DC-gekoppelde eilandsystemen gebruiken quasi altijd batterijen als energiebuffer. Wegens de relatief interessante kostprijs/vermogen en kostprijs/energieopslagcapaciteit verhouding worden meestal loodzuurbatterijen van het *deepcycle* type gebruikt. Dit zijn loodzuurbatterijen die geoptimaliseerd zijn om gedurende een langere tijd een lagere doch veeleer constante stroom af te geven; dit in tegenstelling tot de klassieke autobatterijen die ontworpen zijn om gedurende korte tijdsintervallen zeer hoge piekstromen af te geven. Deze deepcycle batterijtypes worden soms ook wel eens *solar batteries* genaamd, omdat ze in eilandtoepassingen vaak in combinatie met fotovoltaïsche panelen worden gebruikt.

Een nadeel van loodzuurbatterijen is echter hun beperkte cycluserendement. Dit rendement varieert van 50% tot 90%, waarbij gespecialiseerde deepcycle batterijen over hun levensduur gemiddeld een rendement van 85% halen. Dit wil zeggen dat 15% van de gegenereerde energie in de batterij verloren gaat. Dit rendement dient dan nog eens vermenigvuldigd te worden met het rendement van de laadcontroller en, indien aanwezig, het rendement van de wisselrichter.

Een extra nadeel eigen aan loodzuurbatterijen is de vereiste grootte van de opslag. Loodzuurbatterijen kunnen meestal slechts 50% ontladen worden. Deepcycle batterijen kunnen theoretisch tot 80% ontladen worden, maar dit gaat gepaard met een gevoelige verkorting van de levensduur. Men dient de loodzuur batterijbank dan ook dubbel zo groot te dimensioneren als de benodigde energiehoeveelheid.

2.2.4: Kwaliteit van de wisselrichter

In batterijgekoppelde eilandsystemen die een AC belasting voorzien dient extra aandacht aan de wisselrichter besteed te worden. Vooral in kleine systemen wordt al snel een goedkope wisselrichter geschikt voor consumententoepassing ingezet. Deze heeft meestal een slecht rendement en, indien van een *modified sine wave* omvormer gebruik wordt gemaakt, is vaak een bron van power quality problemen. Een efficiënte *true sine wave* omvormer is hier een aanrader.

2.2.5: Besluit

Voordelen:

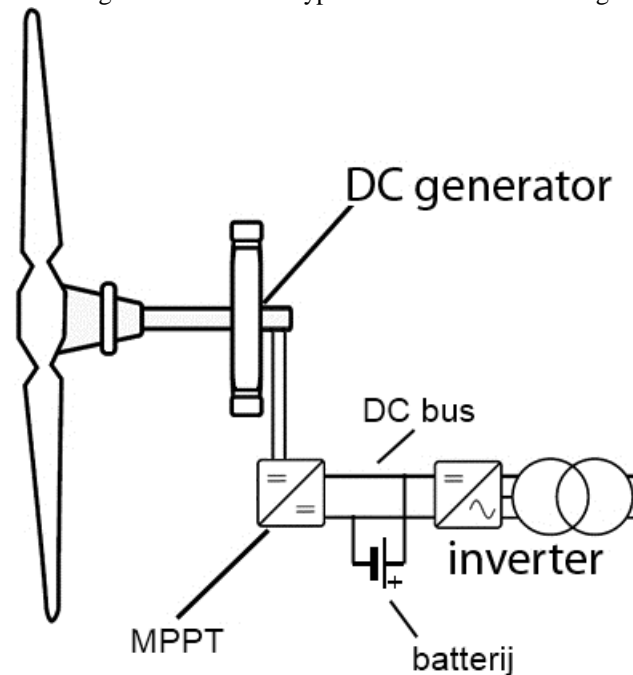
- Eenvoudig systeem
- Geen speciale regels vereist, de installatie staat los van het net

Nadelen

- Beperkt rendement
- Niet geschikt voor complexe systemen

Tot besluit kunnen we aanhalen dat een DC gekoppeld eilandsysteem een geschikte oplossing is voor kleine toepassingen waar energie-efficiënte en een maximale opbrengst van ondergeschikt belang zijn tegenover een lage investeringskost en een eenvoudige installatie. Het is ook geschikt voor toepassingen waarbij enkel DC-belastingen gevoed worden.

Een opmerking is hier op zijn plaats. Een interessant alternatief kan DC-bus gekoppelde batterijopslag zijn. Hierbij is de batterijlader aangesloten op de interne gelijkspanningbus van de omvormer, dus na de MPPT tracker die er voor zorgt dat de turbine optimaal presteert en voor de wisselrichter die AC energie genereert. De omvormer zal in dit geval met een hoge efficiëntie het AC net voeden en enkel het teveel aan energie in de batterijbuffer stoppen. Indien de productie van de kleine windturbine vermindert zal er energie uit de batterijbuffer opgenomen en omgezet worden. Dit type omvormer is vooralsnog echter experimenteel.



DC-gekoppelde batterijopslag (figuur vrij naar Bert Renders, 2009)

2.3: AC gekoppeld eilandbedrijf

Een complexere doch flexibelere manier van eilandwerking is het AC gekoppeld eilandbedrijf. Dit komt neer op het creëren van een lokaal microgrid dat qua werking vergelijkbaar is met netgekoppeld bedrijf. Dit zeer flexibele systeem laat toe dat er standaard elektrische verbruikers (met 230V wisselspanning gevoed) aan het microgrid kunnen worden aangesloten. Men kan zelfs probleemloos verschillende energiebronnen, naast windturbines bijvoorbeeld ook fotovoltaïsche panelen of WKK-eenheden, aansluiten. Het is ook mogelijk om een dynamische wisselwerking met het openbare net te bewerkstelligen; zowel eilandwerking als netgekoppelde werking is mogelijk.

De belangrijkste component in het AC eilandnet is de *gridformer*, een toestel dat het 50Hz elektrische spanning van het microgrid zal vormen. Net zoals grote centrales de 50Hz frequentie op het openbare net genereren zal de gridformer (ondermeer) de frequentie van het microgrid controleren. Dit toestel bevat meestal een bidirectionele omvormer en een energieopslagmedium zoals batterijen. De gridformer zal het vermogenevenwicht bewaren. Bij een vermogenoverschot in het microgrid zal het overschot aan vermogen in de batterijen opgeslagen worden. Wanneer er een tekort aan vermogen is, zal de batterij dit vermogen bijpassen. In beide gevallen zorgt de gridformer voor de vereiste 50 Hz wisselspanning.

Op het AC microgrid kunnen vervolgens kleine windturbines worden aangesloten via een standaard omvormer. Bijvoorbeeld ook fotovoltaïsche panelen, WKK-installaties of kleinschalige hydraulische eenheden kunnen aangesloten worden.

Zoals al gezegd, houdt de gridformer productie en verbruik van het elektrisch vermogen in evenwicht. Bij een overschot aan productie zal er energie in de batterijen worden opgeslagen, bij een tekort wordt er energie uit de batterijen onttrokken. Als de batterijen vol zijn zal de gridformer, indien mogelijk, de vermogenproductie verminderen door de afzonderlijke omvormers af te regelen. Als de batterijen leeg zijn, zal bij een tekort aan vermogen de gridformer bepaalde belastingen uitschakelen of in extremis een noodgroep doen opstarten.

Het grote voordeel van het AC eilandbedrijf is de flexibiliteit waarmee verbruikers en energiebronnen kunnen worden aangesloten zonder bijkomende maatregelen te nemen. Dit laat ook toe dat een bestaande AC installatie zonder al te veel problemen kan omgezet worden naar eilandwerking.

Een ander voordeel is het hoge rendement van de volledige installatie. Daar de batterijopslag enkel aangewend wordt als buffer is er relatief weinig vermogensverlies wat het rendement opdrijft. De energiebronnen drijven zoveel mogelijk rechtstreeks de verbruikers aan zonder tussenstap. De energiebronnen kunnen nu ook op hun optimale rendement gebruikt worden (via MPPT tracking) zolang er geen energieoverschot is.

Het nadeel wordt gevormd door de complexere installatie en de hogere initiële investering. Het AC eilandnet is dan ook vooral interessant voor installaties met meerdere verbruikers of energiebronnen. Het is minder geschikt voor echt kleinschalige toepassingen.

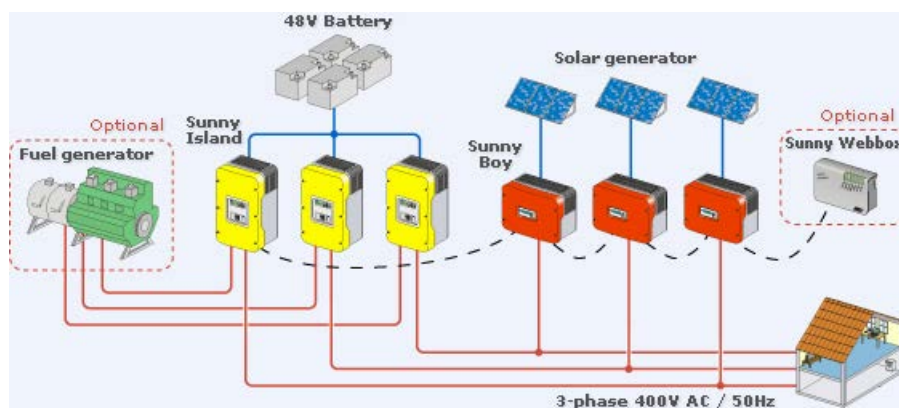
2.3.1: Besluit

Voordelen:

- Flexibel en universeel net (230V 50Hz)
- Geen speciale regels vereist, de installatie staat los van het net

Nadelen

- De hogere investeringskost
- Financieel rendement nog steeds lager dan netgekoppelde werking



Principeschema AC gekoppeld eilandbedrijf (foto: SMA)

Dergelijke microgrids, zoals hierboven beschreven, bevinden zich op dit moment nog in een experimentele fase. Ze hebben naar de toekomst toe wel veel potentieel. Enkele fabrikanten van omvormers nemen dergelijke producten op in hun leveringsgamma, zoals SMA met hun Sunny Island en de Nederlandse firma PowerRouter.

2.4: Back-up werking

Een vorm van occasionele eilandwerking is de back-up eilandwerking. Hierbij werkt het microgrid netgekoppeld tot het net onbeschikbaar wordt (uitval, tijdelijke afschakeling, ...). Dit is de omgekeerde vorm van het AC eilandbedrijf, waar het microgrid hoofdzakelijk in eilandbedrijf werkt en slechts netgekoppeld gaat wanneer er niet meer voldoende lokale energieproductie is.

Deze vorm van eilandbedrijf is bijzonder interessant om periodes van netuitval te overbruggen (een zogenaamde *ridethrough*) met lokale energieproductie. Dit is vooral nuttig bij toepassingen die een hoge beschikbaarheid vereisen, zoals bvb datacenters, maar is ook op kleinere schaal toepasbaar. De Duitse fabrikant SMA is met haar Sunny Backup een van de marktleiders op dit gebied.



Een hybride systeem bedoeld om netuitval te overbruggen (foto: SMA)

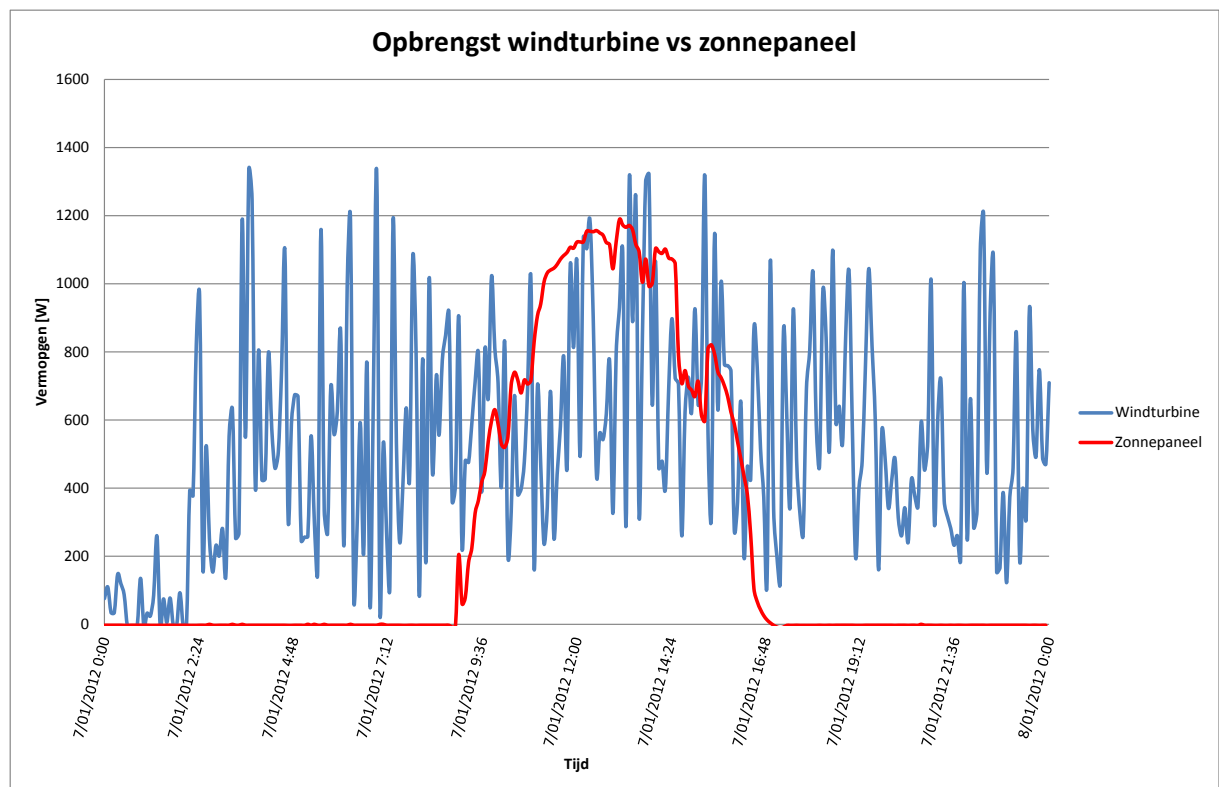
3: Operationele aspecten

3.1: Opbrengst

Net zoals bij fotovoltaïsche panelen, volstaat een kleine windturbine niet om als particulier of KMO volledig zelfvoorzienend te zijn wat energieproductie betreft. Er is steeds een buffering nodig om periodes zonder of met weinig productie te overbruggen. In klassieke omstandigheden wordt het publieke net gebruikt om te overbruggen.

De opbrengst van kleine windturbines is, omwille van het grillige windaanbod op lage hoogte, echter veel onregelmatiger en onvoorspelbaarder dan de opbrengst van zonnepanelen. In de onderstaande figuur is de vermogenproductie van een 1,5kW windturbine (blauw) uitgezet in functie van de tijd. Op dezelfde figuur is de vermogenproductie van een fotovoltaïsche installatie (rood) met een zelfde nominaal vermogen uitgezet in functie van de tijd. Hierbij vallen twee zaken op.

- De kleine windturbine produceert ook tijdens de nacht terwijl de fotovoltaïsche panelen dan inactief zijn.
- De productie van de kleine windturbine is zeer onregelmatig. De productie van de zonnepanelen is veel meer voorspelbaar, regelmatig en minder grillig.



Het is dan ook zo dat een kleine windturbine en een fotovoltaïsche installatie aanvullend kunnen werken. Om bijvoorbeeld ook tijdens de nacht of bij slecht weer over een bepaalde vermogenproductie te beschikken is een kleine windturbine een goede aanvulling voor een fotovoltaïsche installatie.

Wegens het volatiele karakter van de vermogenproductie, dient de installateur de kabelsecties goed te dimensioneren. De vermogensverliezen in de leidingen, maar vooral de variërende spanningsvallen, zijn een belangrijk aandachtspunt. Zeker bij de iets grotere turbines, grootte orde 10kW, kunnen de grote vermogensvariëaties voor storende spanningsverschijnselen op de kabel zorgen.

3.2: Siting

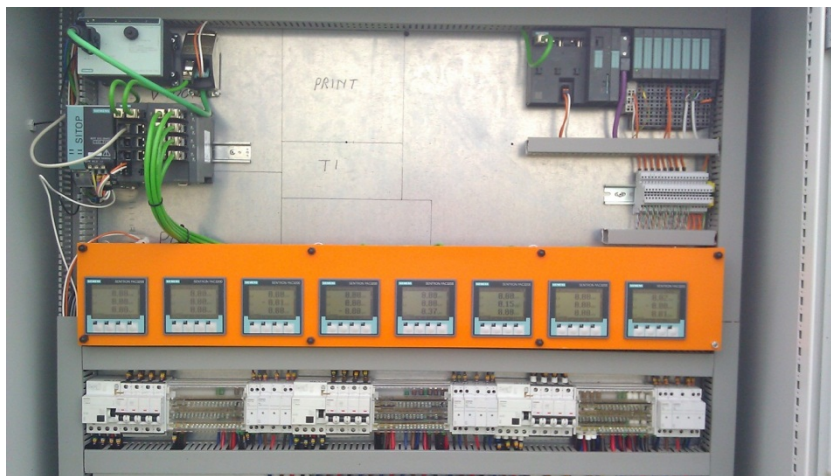
De opbrengst van een kleine windturbine is zeer sterk afhankelijk van de lokale omgeving. Een ideale locatie is een open gebied zonder storende invloeden zoals bebouwing of bebouwing in de buurt. Een vaak gehanteerde vuistregel raadt aan er voor te zorgen dat de volledige rotor minstens 10m hoger staat dan de obstakels binnen een straal van 100m rond de turbine.

Rekening houdende met de 15m ashoogte beperking voor kleine windturbines in Vlaanderen betekent dit dat er zich in een straal van 100m geen obstakels hoger dan (5-rotorstraal)m mogen bevinden.

Vooraleer over te gaan tot de plaatsing van een kleine windturbine, doet men er goed aan een siting te laten uitvoeren. Hierbij wordt gedurende een bepaalde tijd een windmeting uitgevoerd die het windsnelheidsprofiel voor die bepaalde site in kaart brengt. Met dit profiel kan dan de verwachte opbrengst van de windturbine berekend worden. Voor meer informatie over deze berekening verwijzen we naar de vorige fiches. De meeste professionele installateurs van kleine windturbines bieden een dergelijke siting aan.

3.3: Monitoring

Naast het berekenen van de potentiële opbrengst van een kleine windturbine, is ook het opvolgen van de productie van de eenmaal geïnstalleerde windturbine zeer belangrijk. Verschillende producenten hebben reeds een datalogstelsel van de vermogenproductie en de energieproductie ingebouwd in de omvormer. Verder zijn er universele systemen mogelijk die de energieproductie opmeten via bijvoorbeeld van op afstand uitgelezen kWh tellers. Het voordeel van deze systemen is dat ook meteorologische monitoring (windsnelheden, temperatuur) mogelijk is. Dit laat toe de relatie tussen de vermogenproductie en de meteorologische gegevens te analyseren.



Universeel meteringsysteem voor kleine windturbines op testveld Greenbridge: <http://tools.power-link.be/monitoring/>

3.4: Testvelden

3.4.1: België

In België is de Universiteit Gent op de site van het Greenbridge Wetenschapspark te Oostende bezig met een beperkte veldtest van kleine windturbines. Het cijfermateriaal gebruikt in deze fiche is van dit testveld afkomstig. Op moment van schrijven staan er een viertal kleine windturbines opgesteld. Het testveld zal in 2012 uitgebreid worden met tien extra turbines. Dit zal gepaard gaan met de publicatie van een evaluatierapport van het huidige testveld. www.power-link.be/wind



Testveld kleine windturbines te Greenbridge Oostende

3.4.2: Nederland

In het Zeeuws-Vlaamse Schoondijke is al enige tijd een veldproef bezig met een achttal kleine windturbines. Hier is reeds een evaluatierapport van verschenen.

http://provincie.zeeland.nl/milieu_natuur/windenergie/kleine_windturbines/

3.4.3: Frankrijk

In het Zuid-Franse Montplaisir à Narbonne is onlangs een veldtest begonnen met kleine windturbines. Het is de bedoeling de opbrengst en karakteristieken van verschillende turbines op te meten.

<http://www.sepen-montplaisir.fr/>

Auteurs: Joannes Laveyne – Power-Link – Universiteit Gent / Joan Peuteman – KHBO

Heeft u nog verdere vragen of opmerkingen?

Aarzel niet om ons te contacteren!



Vlaams Elektro Innovatiecentrum
Kleinhoefstraat 6
2440 Geel
tel: 014/57.96.10
info@vei.be
www.vei.be