

# Windturbines: generatoren die wat(t) opleveren

**Generatoren op een windturbine wijken af van de gebruikelijke exemplaren die op het elektriciteitsnet worden aangesloten.**

**De belangrijkste reden daarvoor is dat de krachtbron, de rotor van de windturbine, een zeer fluctuerende mechanische kracht levert.**

Op grote windturbines (boven 100-150 kW) is het door de turbine geleverde voltage meestal een drie-fasen wisselspanning van 690 V. Deze spanning wordt omhoog getransformeerd naar een voltage tussen 10 kV en 30 kV, afhankelijk van de standaard in het plaatselijke net. Ook de netfrequentie moet aansluiten op de lokale standaard; 50 Hz modellen zijn geschikt voor het gros van de elektriciteitsnetten, het Amerikaanse net vereist 60 Hz modellen.

## Generatortypen

Windturbines kunnen uitgevoerd worden met synchrone of asynchrone generatoren, en met verscheidene

vormen van directe of indirecte netwerkkoppeling. Bij directe netwerkkoppeling wordt de generator rechtstreeks aan het (meestal drie-fasen) wisselspanningnet aangesloten. Indirecte koppeling houdt in dat de door de generator geleverde spanning eerst een aantal omzettingen ondergaat om aan de vereiste netspanning te voldoen, alvorens op het net te kunnen worden aangesloten. De meeste windturbines draaien met een nagenoeg constante snelheid bij directe netwerkkoppeling, omdat de frequentie van de statorspanning wordt gedicteerd door de netwerkfrequentie. Bij indirecte koppeling heeft de generator zijn eigen mini-wisselspanningnet. Dit netwerk

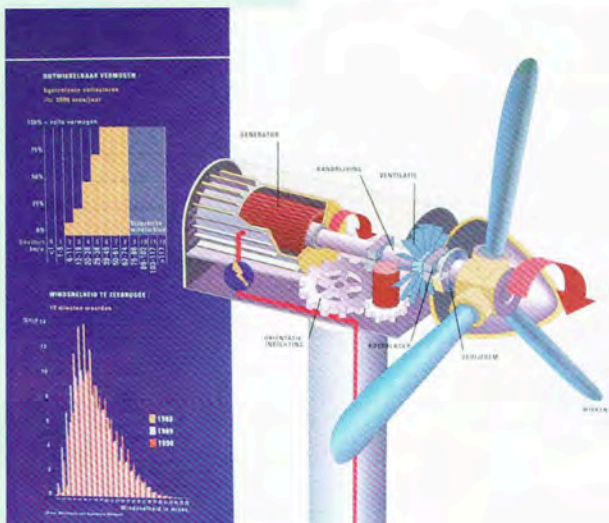
wordt elektronisch geregeld door gebruik te maken van een inverter, zodat de frequentie van de wisselstroom in de stator kan worden gevarieerd. Op deze manier is het mogelijk de turbine op wisselende rotatiesnelheden te laten draaien. Hierdoor genereert de turbine dus een wisselstroom die in frequentie exact gelijk is aan de

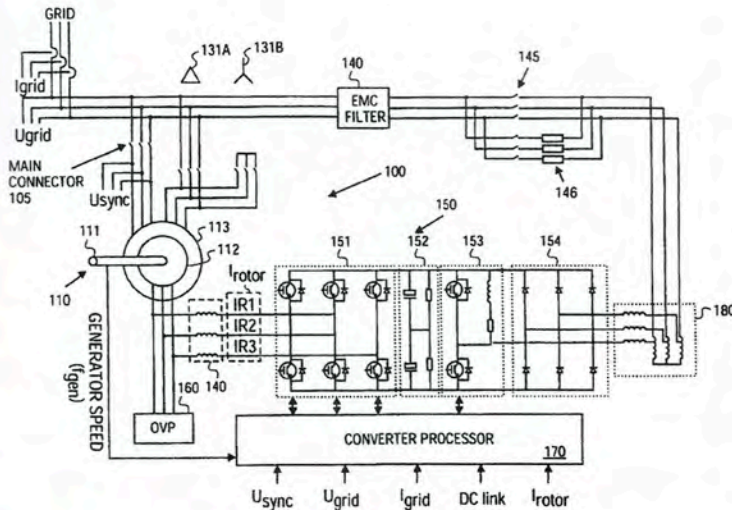
variabele frequentie die gevoed is aan de stator. De generator is in dit scenario ofwel synchroon of asynchroon. Verder kan deze uitgevoerd zijn met een 'versnellingsbak' met een vaste overbrengverhouding, om de krachten van het lage toerental (en hoge koppel) van de windturbine te converteren naar hoog toerental en laag koppel voor de generator. Voor een 600 tot circa 750 kW machine is een normale overbrengverhouding ongeveer 1 op 50. Dit betekent dat als de generator aan een 50 Hz net is gekoppeld, deze 3000 toeren per minuut (rpm) moet draaien, wat voor een (tweepolige) turbine een rotatiesnelheid oplevert van 60 rpm. Een andere manier om het toerental van een synchroongenerator aan te passen aan de netfrequentie is het vergroten van het aantal elektromagnetische polen van de stator. De snelheid van een direct aan een drie-fasen net gekoppelde generator is constant, zoals hierboven beschreven, en wordt door de netfrequentie bepaald. Door nu het aantal polen van de stator te vergroten, verlagen we het benodigde toerental volgens tabel 1.

Aantal polen	50 Hz	60 Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600

● Schets van een opengewerkte windturbine

● Tabel 1. Synchrone generatorsnelheden in omwentelingen per minuut (rpm)





● Principeschema van een windturbine met een passieve gelijkrichter aan de netwerkkant met vermogensregeling

## Afmetingen en kosten

De term 'synchrone generatorsnelheid' refereert dus aan de snelheid van de generator wanneer deze synchroon is met de frequentie van het elektriciteitsnet. De meeste windturbines gebruiken generatoren met vier dan wel zes polen. De redenen voor het gebruik van deze generatoren met een relatief hoge snelheid hebben te maken met afmetingen en kosten. Het maximum koppel dat een generator kan hanteren, hangt af van de omvang van de rotor. Voor een gegeven uitgangsvermogen moet er een afweging worden gemaakt tussen een langzaam roterende maar grote (en dure) generator en een snel roterende kleiner (en goedkoper) exemplaar. De keus hangt natuurlijk ook samen met de te verwachten windsnelheden in het gebied waar de windturbines geprojecteerd zijn.

## Direct drive

Een andere ontwikkeling op het gebied van stroomopwekking door windturbines is gebaseerd op een eenvoudig principe: minder roterende delen reduceren mechani-

sche spanning en verhogen tegelijkertijd de technische levensduur van het materiaal. Bij dit ontwerp zijn de rotorkern en de cirkelvormige generator direct met elkaar gekoppeld als een vaste unit zonder overbrengingen. Deze rotorunit is

als geheel op een vaste as gemonteerd. Omdat deze direct drive een lage rotatiesnelheid heeft en op slechts één as is gemonteerd, zijn er maar twee relatief langzaam draaiende rollagers nodig. Onderhoudsfrequentie en servicekosten voor dit type turbine zijn lager omdat deze minder slijtende onderdelen bevat. Zo hoeft er bijvoorbeeld geen olie voor de lagers in een overbrengingsunit te worden vervangen. Ook de operationele kosten zijn daardoor lager.

## 20 jaar

Over het algemeen zijn moderne windturbines ontworpen om 120.000 uur operationeel te zijn, bij een totale levensduur van circa 20 jaar. Dat is veel meer dan bijvoorbeeld een automotor; die gaat 4000 tot 6000 uren mee. De ervaringen van de afgelopen jaren tonen aan dat de onderhoudskosten laag zijn wanneer de turbines nog nieuw zijn, en enigszins toenemen naarmate ze ouder worden. In studies naar de ongeveer 5000 windturbines die in Denemarken zijn geplaatst sinds 1975 komt naar voren dat de nieuwere turbines relatief minder aan reparatie en onderhoudskosten dan die van oudere

generaties. De oudere windturbines kosten jaarlijks ongeveer 3% van hun oorspronkelijke investering. Voor nieuwere machines wordt dit op 1,5-2% geschat.

## Vervangen of vernieuwen

Sommige componenten van windturbines zijn gevoeliger voor slijtage dan andere, zoals rotorbladen en overbrengingsunits. Windturbine-eigenaren die constateren dat hun turbine aan het eind van zijn technische levensduur is, kunnen ervoor kiezen een grote renovatie uit te voeren. Vervanging van bijvoorbeeld de rotorbladen of de generator komt neer op 15 tot 20% van de prijs van een nieuwe turbine.



● Facelift turbine (Bron: [www.facelift.co.uk](http://www.facelift.co.uk))

## Inlichtingen

ENERCON GmbH  
 ☎ +49 49 419 270; [www.enercon.de](http://www.enercon.de)  
 Danish Wind Industry Association  
 ☎ +45 3373 03 30;  
[www.windpower.org](http://www.windpower.org)