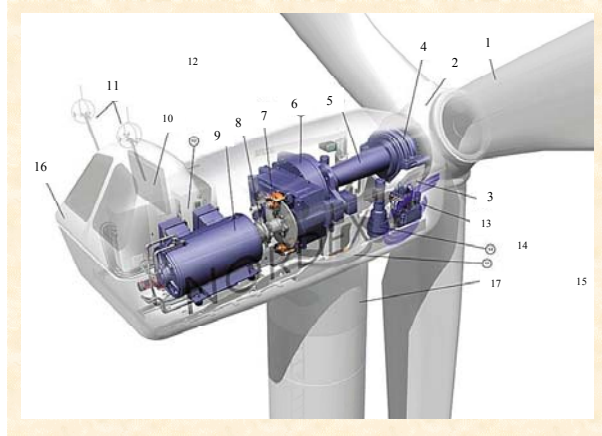


Elektrische Aspecten van Windturbinegeneratoren

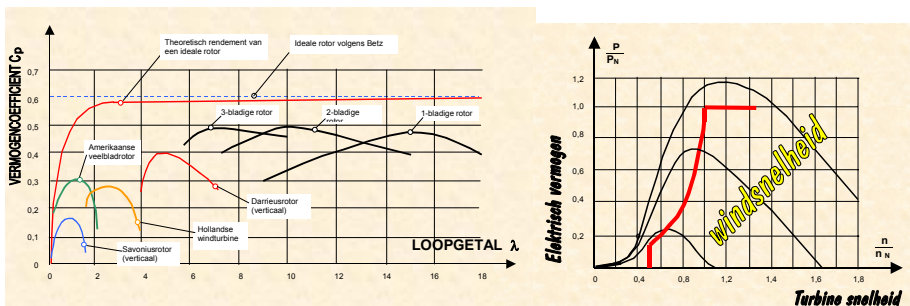


Johan Driesen, Joris Soens
KULeuven - ESAT-ELECTA

Windenergie-omzetting

$$\lambda = \frac{r \cdot \Omega}{V_{wind}}$$

$$P_{turb} = \frac{1}{2} \rho C_p S_{rotor} v_{wind}^3$$



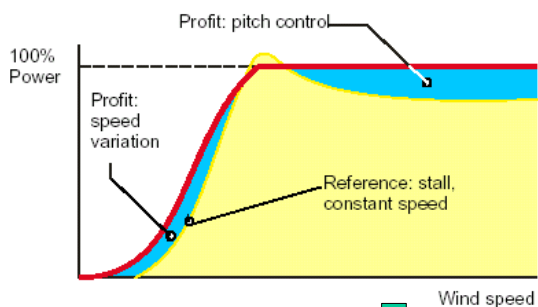
Specificaties

- Zeer lage snelheid (bijv. 30 rpm – 0.5 tr/s)
- Zeer hoog koppel (dikke as)
- Koppelstoten door 'windschaduw' paal
- Generatorwerking
- Variabel toerental door variabele windsnelheid
- Efficiëntie maximaal

windturbinegeneratoren

3

Maximale energie-opbrengst gewenst



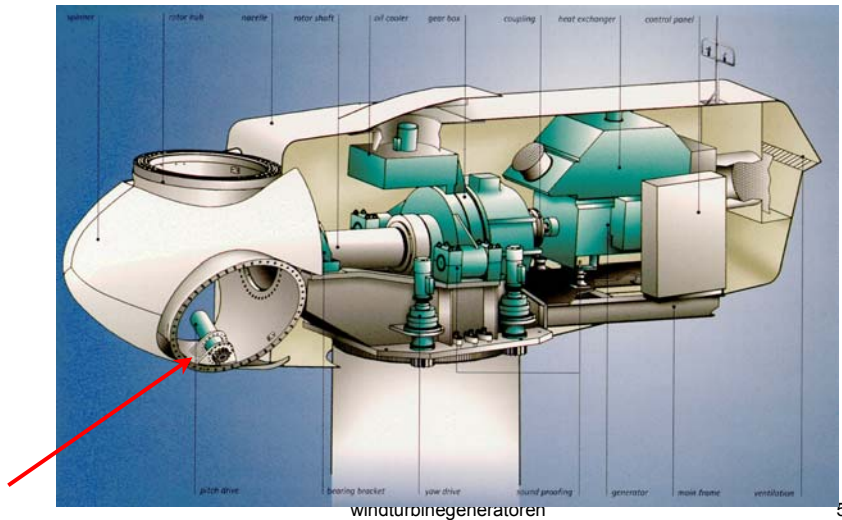
- variabele snelheid
- bladhoekverstelling



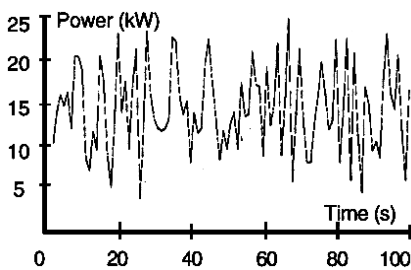
windturbinegeneratoren

4

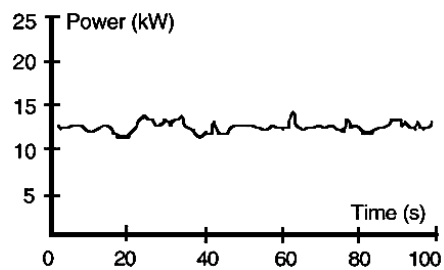
Pitch- en stall-regeling mechanisme



Minimale vermogenfluctuatie



Constance snelheid



Variabele snelheid

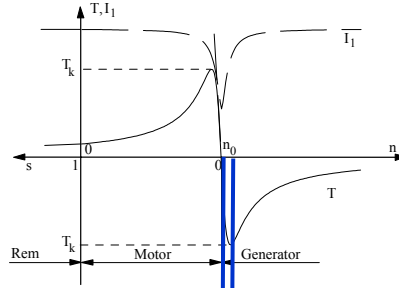
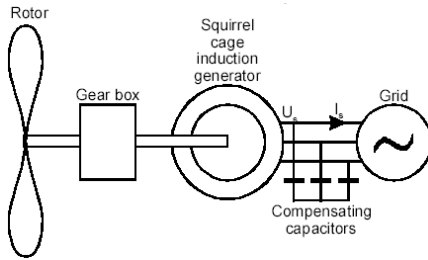
Generatortypes

- Asynchrone generator
- Dubbelgevoede asynchrone generator
- Synchrone generator

IM met dubbele wikkeling

- 2 snelheidsinstelling
- Zeer goedkoop
- Enkel voor relatief laag vermogen bruikbaar

Inductiegenerator

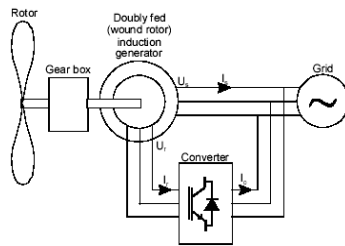


- + goedkoop en robuust (kooirotor)
- snelheid niet regelbaar (tenzij poolpaartalomschakeling)
- altijd VAr-verbruik -> capaciteiten nodig voor $\cos\phi$ -verbetering
- geen spanningregeling: 'flicker'

windturbinegeneratoren

9

Dubbelgevoede inductiegenerator



$$f_{stator} = f_{rotor} + \frac{n_{rpm} \cdot p_{poles}}{60}$$

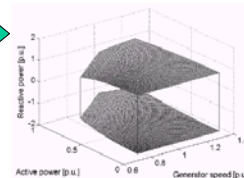
$$\text{Als } f_{rotor} = k \cdot f_{nom}$$

$$\text{dan } P_{rotor} \approx k \cdot P_{nom} \quad (-1 < k < +1)$$

(meestal: $k = 30\%$ max)

- toerental en reactief vermogen regelbaar over beperkt gebied
- omvormer verwerkt enkel rotorvermogen

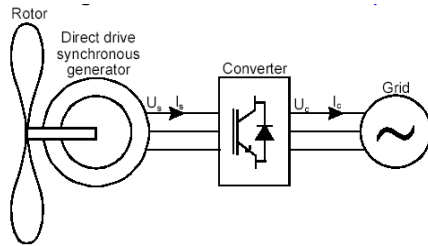
↳ goedkoper dan omvormer die hele generatorvermogen verwerkt



windturbinegeneratoren

10

Synchrone generator



- + toerental en reactieve energie volledig regelbaar
- + meestal wordt tandwielkast weggelaten
(*direct drive*) → minder onderhoud (smering...) nodig
- dure omvormer
- generator: ω laag → T hoog opdat P hoog
→ grote generatordiameter noodzakelijk

windturbinegeneratoren

11

Windturbinefabrikanten

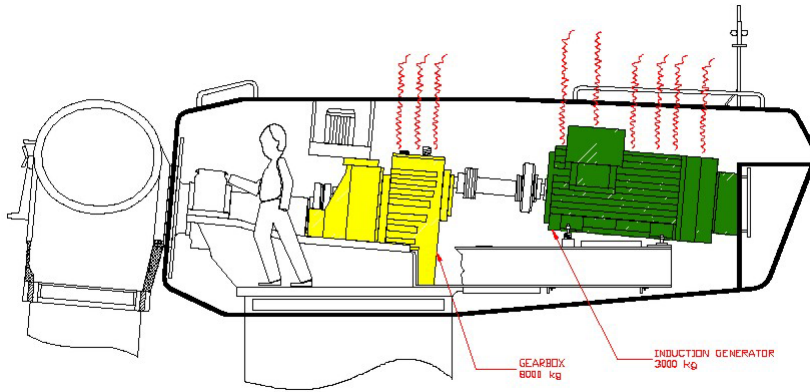


Stall regeling	X					
Actieve Stall regeling		X	X			
Vaste snelheid	X	X				
Beperkte var. snelh.				X		
Tandwielkast	X	X	X	X	X	
Pitch regeling				X	X	X
Variabele snelheid			X		X	X
Direct Drive						X
	NEG-MICON NORDEX BONUS ECOTECNIA	BONUS NEG-MICON TURBOWINDS	ECOTECNIA	VESTAS	NORDEX DEWIND GAMESA ENRON VESTAS	ENERCON LAGERWEY JEUMONT

windturbinegeneratoren

12

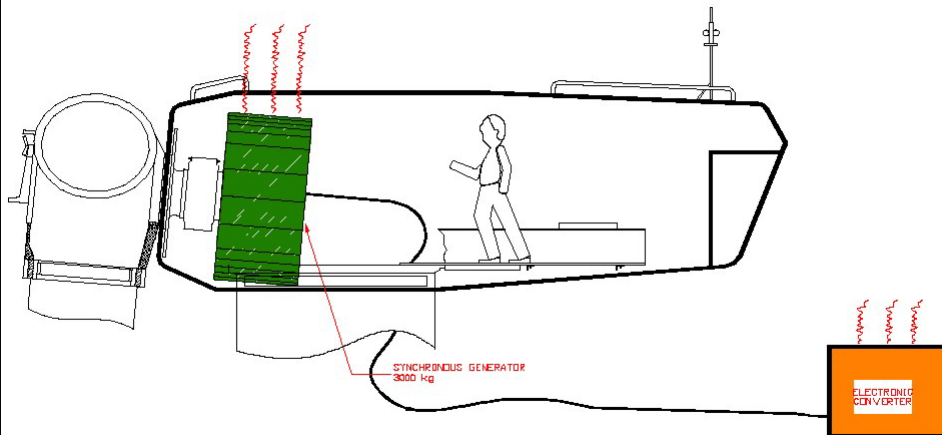
Gondel asynchrone generator



windturbinengeneratoren

13

Gondel synchrone generator



windturbinengeneratoren

14

Multi-MW types



windturbinegeneratoren

15

Conclusie voor generatortypes

- Asynchrone generatoren
 - ongeschikt voor grote windparken in een zwak netwerk (offshore)
- Dubbelgevoede asynchrone generatoren:
 - goede performantie in stabiel net, tegen een redelijke kostprijs
 - vraagt onderhoud (tandwielkast, sleepringen ...)
 - (tot nu toe) onbekend gedrag bij netstoringen

windturbinegeneratoren

16

Conclusie voor generatortypes

- Synchronische generatoren
 - volledige regeling van toerental en reactief vermogen
 - grootste potentieel voor handhaven van netstabiliteit
 - weinig onderhoud
 - dure omvormer en generator