

Systemaspecten en Netintegratie

Ralph Hendriks (TU Delft, Siemens AG)



Systemaspecten

- Balanshandhaving met wind

Netintegratie – Stand van de techniek

- Overzicht ontwerpaspecten

Clusteren en combineren

- AC versus DC
- Ontwikkeling van offshore netconcepten

Wat brengt de toekomst?

- Technologische vooruitblik



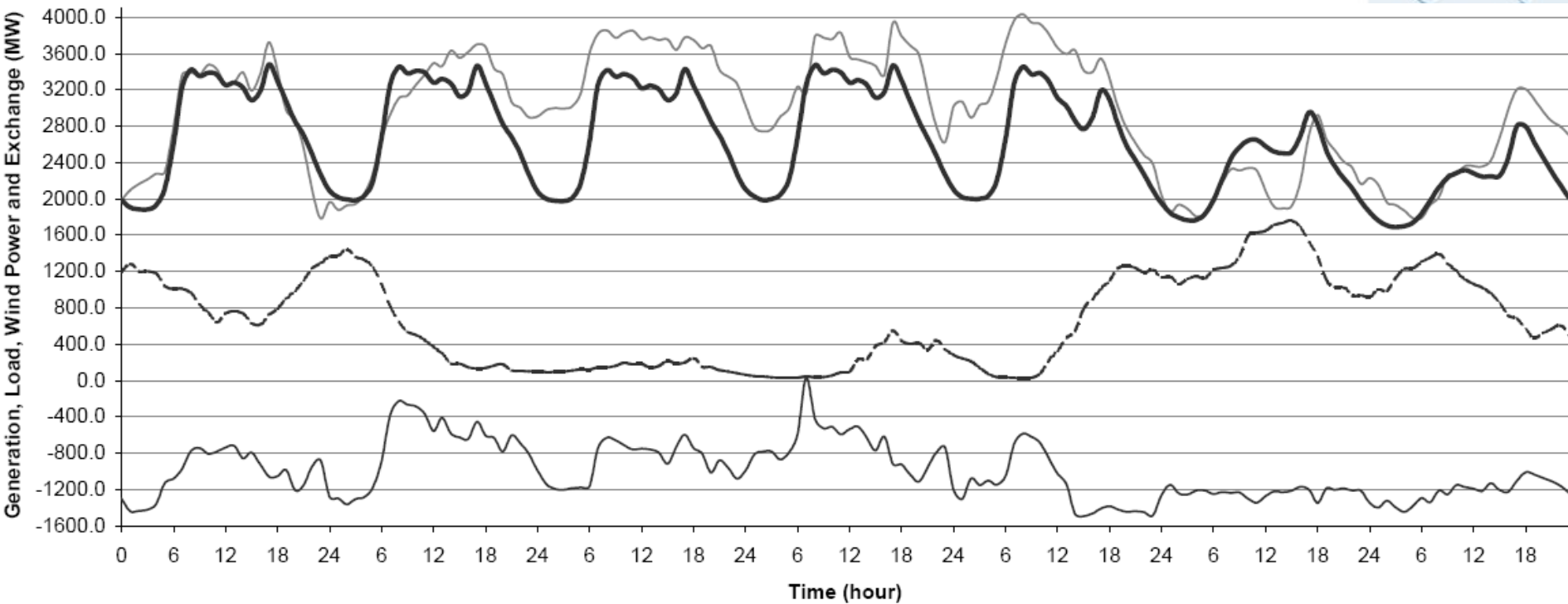
Inpassing van wind in het net

Systemaspecten

- variabiliteit en beperkte voorspelbaarheid van wind
- vermogensreserves
- koppeling met de energiemarkt
- impact op dynamisch gedrag en regelingen

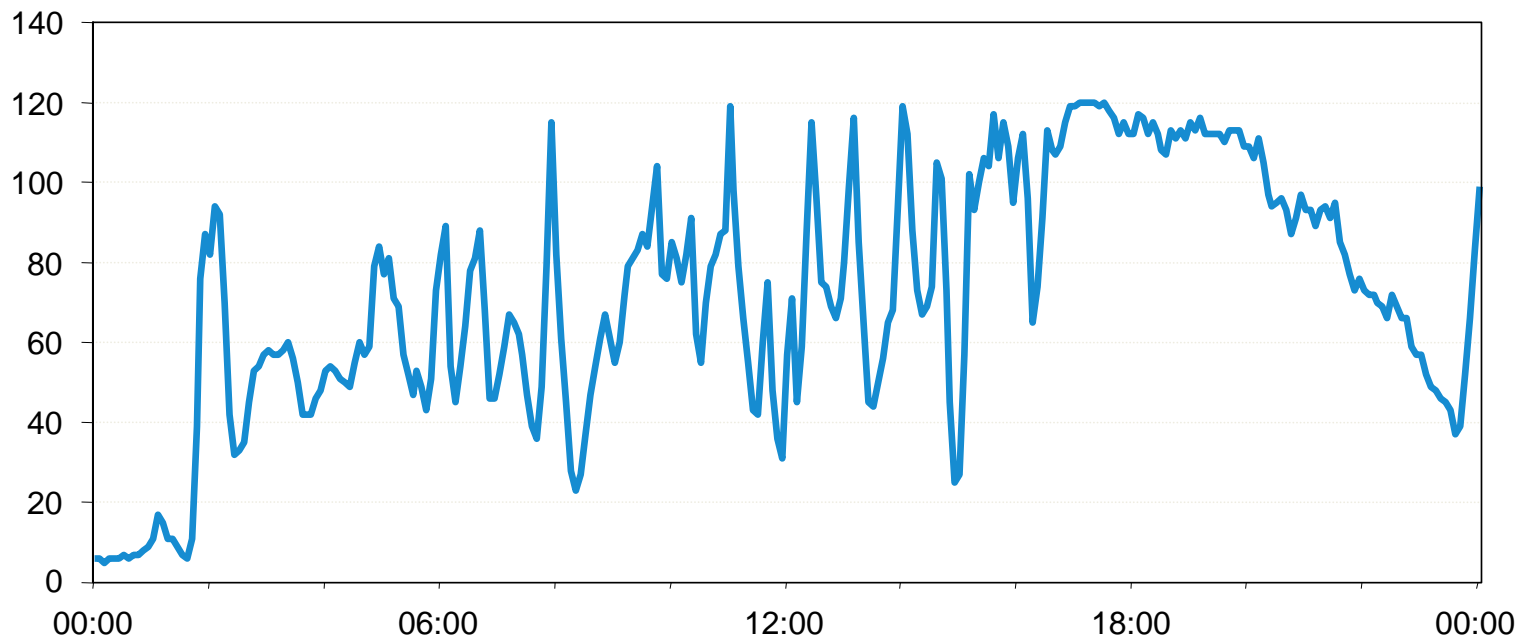


Systemintegratie – Kan het systeem de wind aan



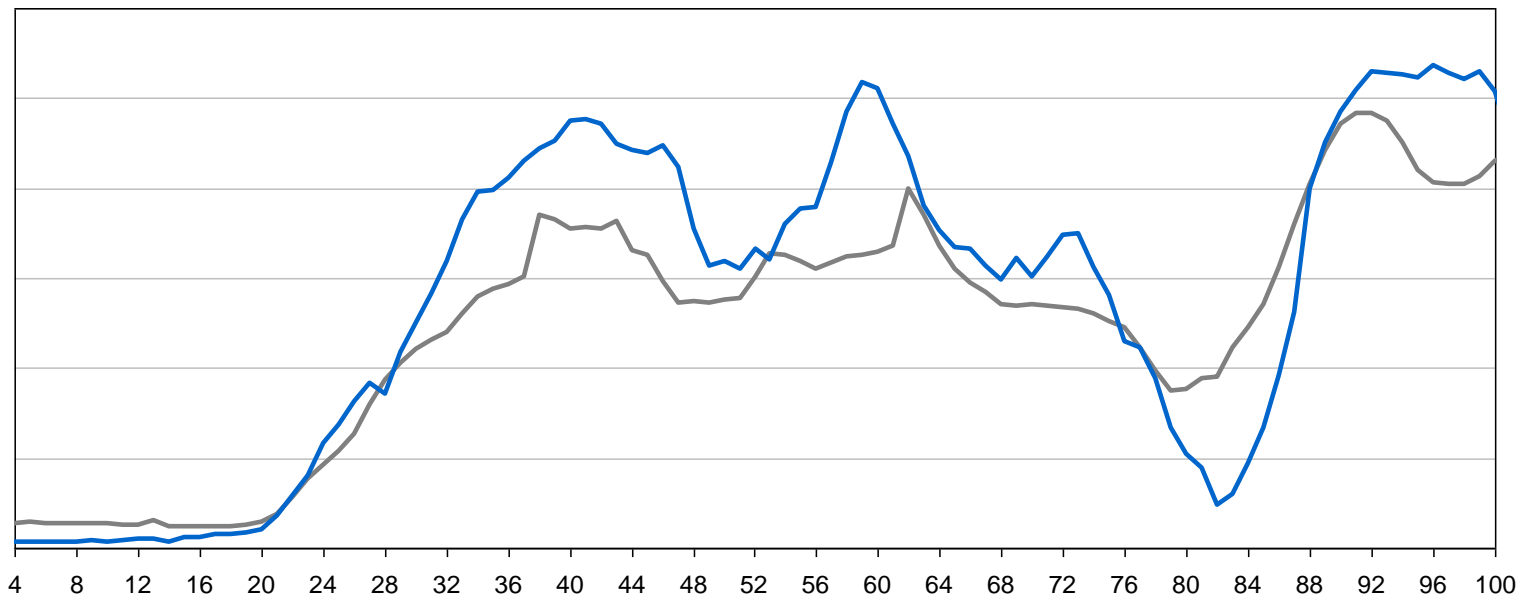
Variabiliteit van wind

- In Nederland kan tot ca. 8 GW in het systeem worden ingepast
- Dankzij Europees net middeling van variabiliteit
- Onderstreept belang interconnectie



Onvoorspelbaarheid van wind

- Beperkte voorspelbaarheid i.c.m. organisatie markt
- Wetenschap zet sterk in op betere voorspellingen
- In Nederland marktpartijen verantwoordelijk voor onbalans



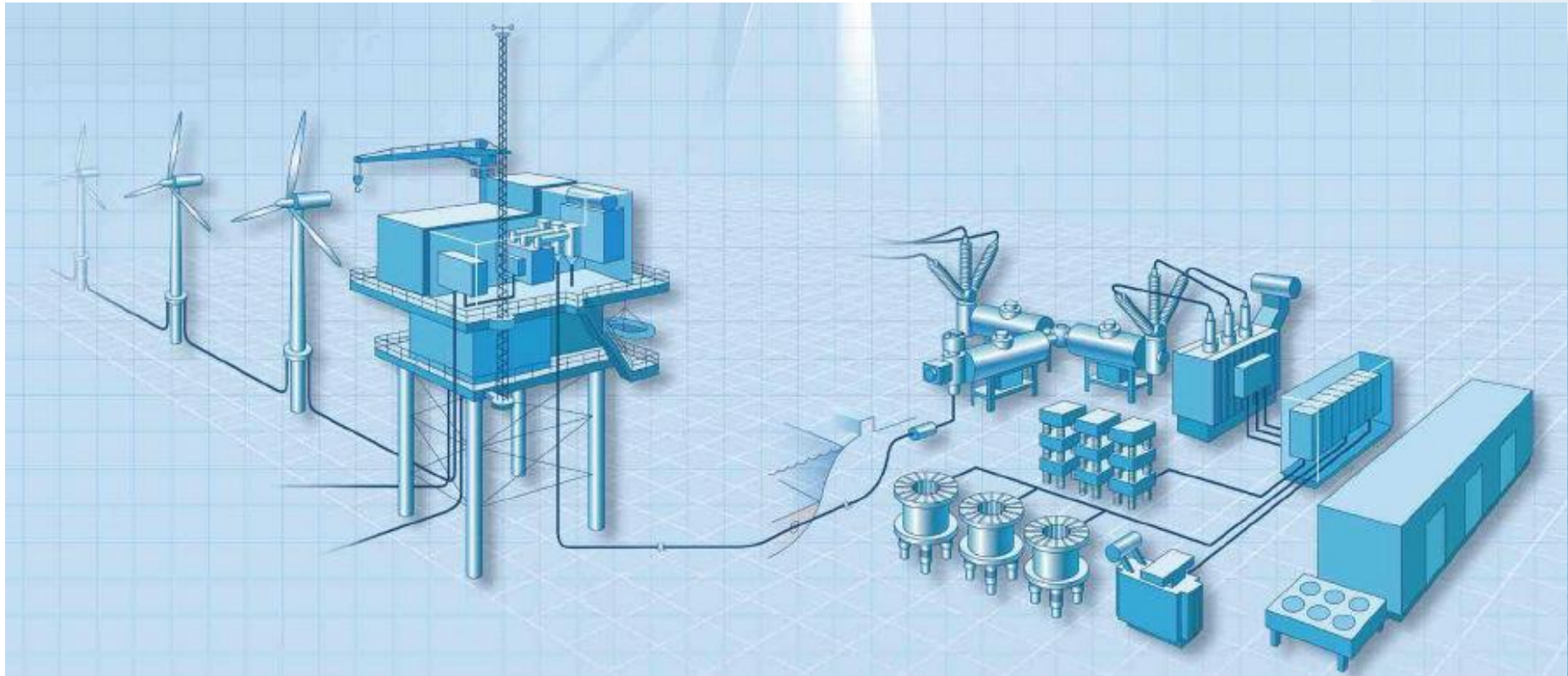
Inpassing van wind in het net

Netintegratie

- technische realisatie van de netaansluiting
- lage(re) capaciteitsfactor van windopwekking
- kwaliteit van de voorziening
- regulatorisch kader
- uitbouw bestaande netinfrastructuur



AC netaansluiting – Stand van de techniek



bron: Siemens AG

pure windst!
de Nieuwe Delta Werken

Dinsdag 19 april - TU Eindhoven



AC netaansluiting – Windturbines

Windturbines 3–5 MW met verschillende vermogenselektronische concepten

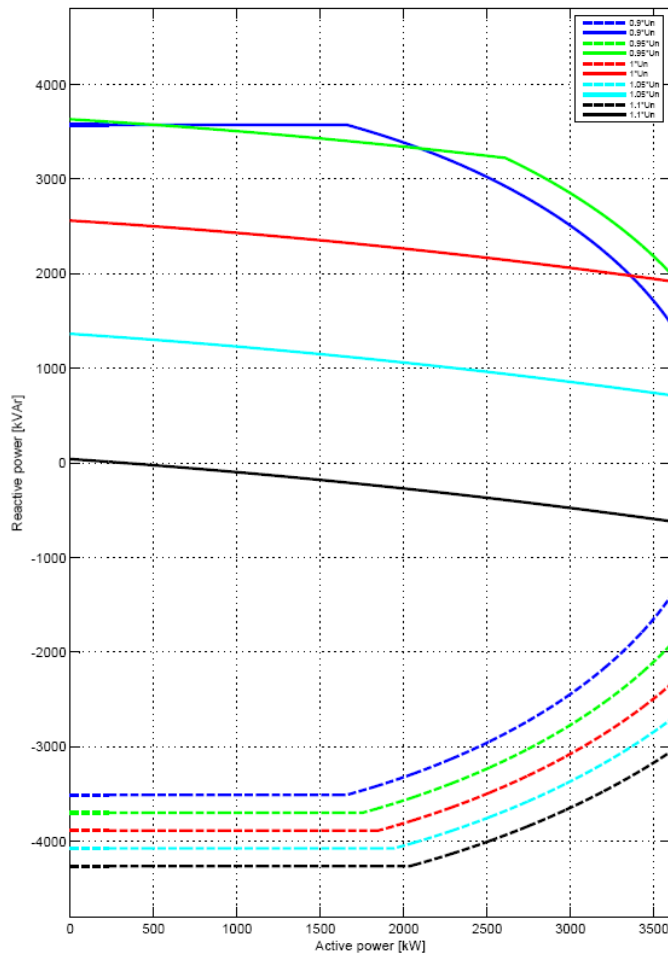
Machines/omzetters met LS-aansluiting, step-up transformator in iedere windturbine

MS-kabelnet voor de transport van vermogen naar offshore substation, radiale verbindingen meestal afdoende

No-load tap changer van step-up transformator biedt mogelijkheid tot optimalisatie spanningsprofiel



AC netaansluiting – Windturbines



Blindvermogensbereik windturbines
bepaald door vermogenselektronica

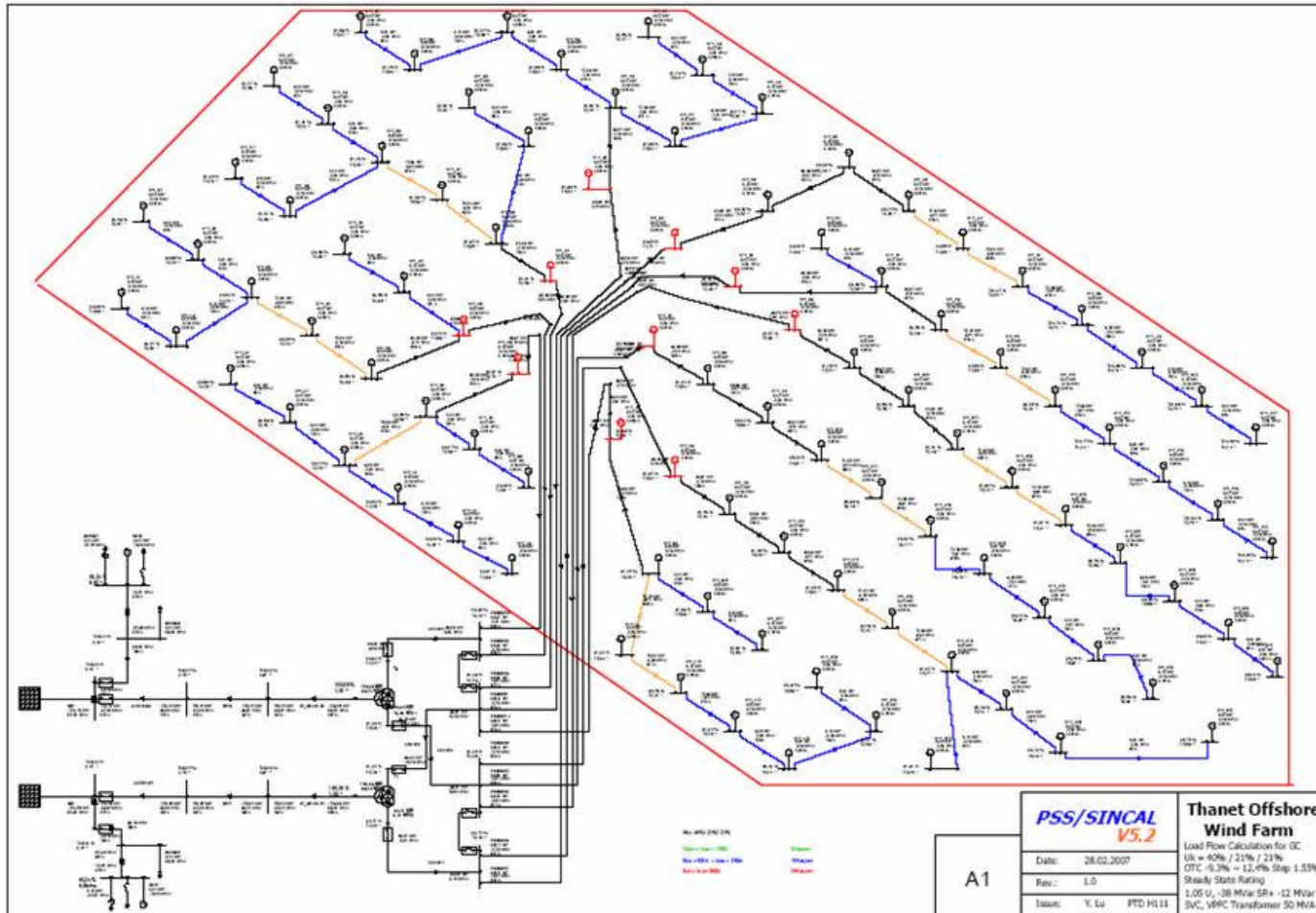
Afhankelijkheid van klemspanning

Spanningsregeling of
blindvermogensregeling

Mogelijkheden tot optimalisatie



AC netaansluiting – MS-kabelnet



AC netaansluiting – Offshore substation

Ontwerpcriteria

- Gewicht!
- monopile versus jacket
- Kabelverbindingen door "J-tube"
- Invoeren van kabels via onderzijde
- Opvangtank voor transformatorolie
- Bemand versus onbemand

Constructie substation vindt zoveel mogelijk op land plaats!



bron: RWE

AC netaansluiting – Offshore substation

Elektrische aspecten

- On-load tap changer
 - Spanning in het MS-net binnen nauwe marge houden
- Aardingstransformatoren
- Beveiligingsfilosofie
 - Overstroom-tijdbeveiliging op MS-kabelnet meestal voldoende
 - Richtingsafhankelijkheid



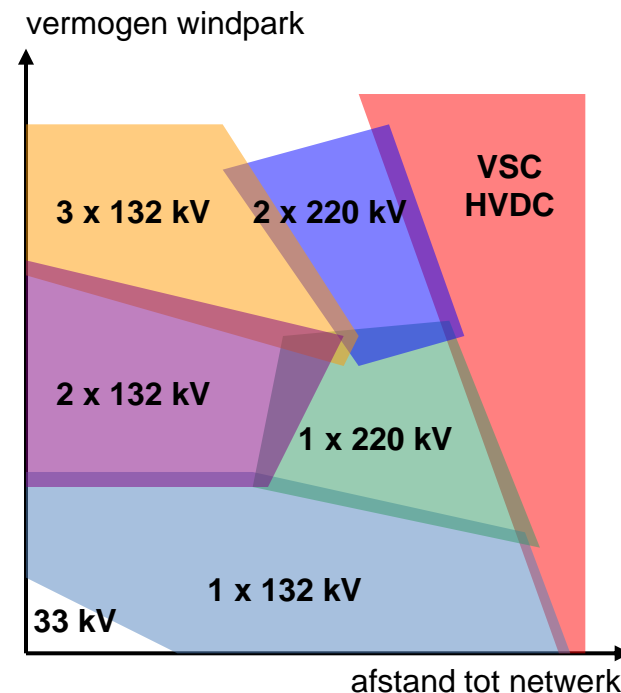
AC netaansluiting – Transmissiesysteem

Ontwerp transmissiesysteem is vooral een economisch vraagstuk

- Installatiekosten kabels dominant
- één grote kabel goedkoper dan twee kleinere
- capaciteit versus diameter neemt af bij grotere vermogens

Nog onvoldoende ervaring met offshore kabels op 220 kV

Eerste gelijkstroomaansluitingen in Duitsland



AC netaansluiting – Transmissiesysteem

Thermische grensstrom kabel bepaalt (mede) strategie blindvermogensregeling onshore

- Instraling zon in J-tube
- Ingraafdiepte in zeebodem
- Warmtegeleidingscoëfficiënt bij kustlanding

Optimalisatie transportkabel belangrijke economische factor in projecten

Blindvermogensregeling m.b.v. turbines is door beperkingen van de transportkabel vaak niet mogelijk

- Transporteren van blindvermogen is duur!



AC netaansluiting – Onshore substation

Vormt de schakel met het elektriciteitsvoorzieningsstelsel op land

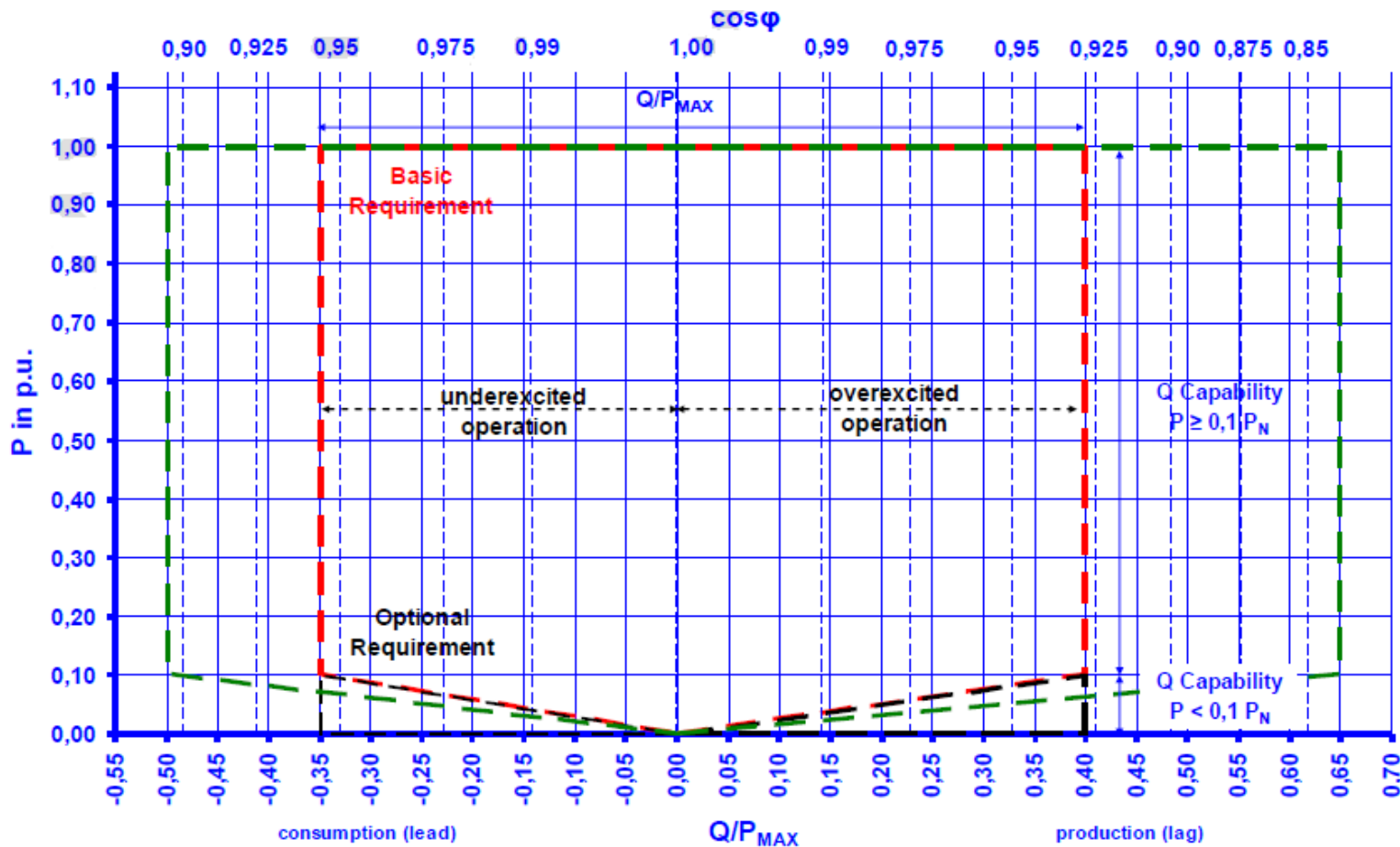
Primaire componenten:

- Schakelinstallatie
- Transformatoren
- Harmonische filters
- Middelen voor blindvermogenscompensatie

Met name bepalend voor gedrag van het windpark vanuit de optiek van het net.



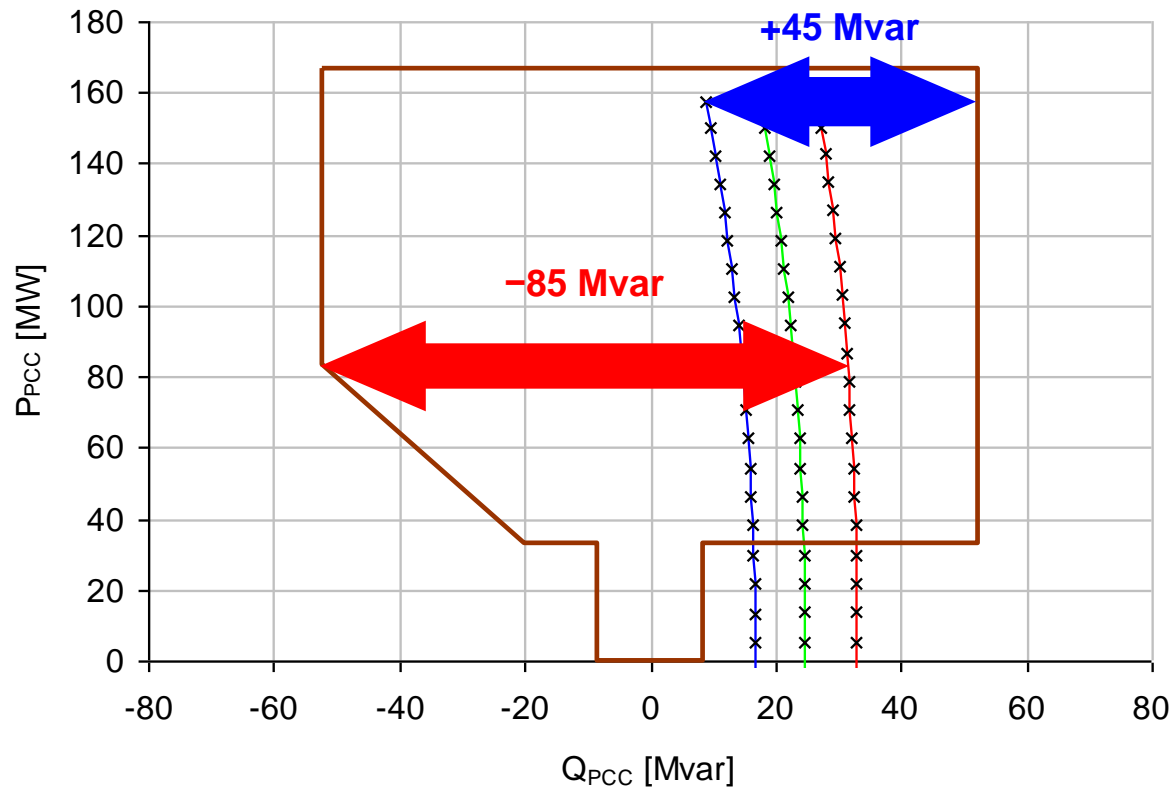
Grid Codes – Eisen aan blindvermogenscapaciteit



bron: ENTSO-E



AC netaansluiting – Blindvermogenscompensatie



— x — 0.95 p.u. — x — 1.00 p.u. — x — 1.05 p.u. — grid code



AC netaansluiting – Blindvermogenscompensatie

Middelen blindvermogenscompensatie

- Vaste spoelen/condensatoren
- Schakelbare spoelen/condensatoren
- SVC
- STATCOM

Observaties

- Hogere eisen aan blindvermogen leiden 1-op-1 tot hogere kosten voor de netaansluiting
- Asymmetrie leidt tot overdimensionering of hybride compensatie
- Windturbines nauwelijks bruikbaar voor compensatie

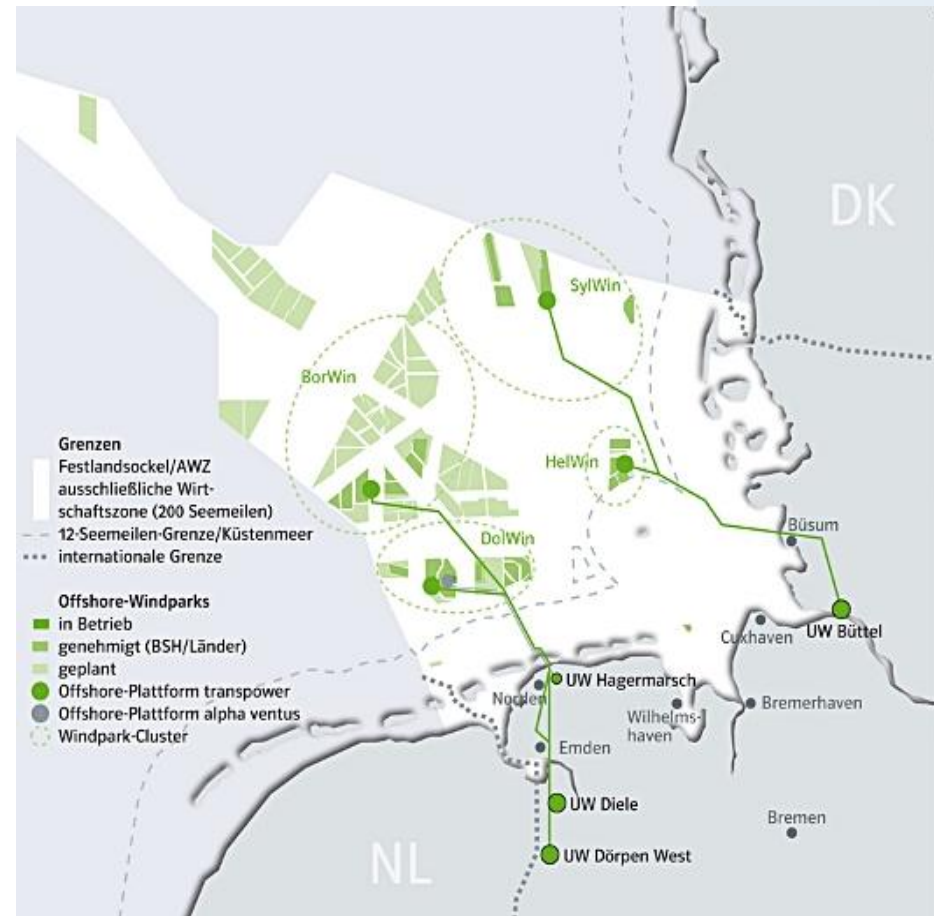


DC netaansluiting – Aansluiten van vergelegen parken

Ontwikkelingsgebieden in de Duitse Noordzee liggen te ver van het land voor ac netaansluiting

Netbeheerder is verantwoordelijk voor netaansluiting en -integratie

Clusters van 400–850 MW, 1–2 parken per cluster.



Vermogenselektronische omzeters

- line-commutated converter, LCC
- voltage-source converter, VSC

Voordelen VSC

- Volledig onafhankelijke sturing van werk- en blindvermogen
- Geschikt voor zwakke en passieve netten
- Kleine of geen additionele filters noodzakelijk, compact station
- Toepasbaarheid XLPE-geïsoleerde kabels
- Geschikt voor multi-terminal configuraties



DC netaansluiting – Uitdagingen

Gedrag aan het net wordt door converter bepaald

- Geavanceerde technologie windturbines beperkt inzetbaar
- Potentieel voor optimalisatie

Beperkte markt

- Slecht enkele aanbieders
- Vooralsnog weinig standarisatie (nu in Cigre B4.52)

dc-verbindingen niet zo flexibel uitbreidbaar als ac

- Modulariteit vormt financieel risico



Netintegratie offshore – Volgende stappen

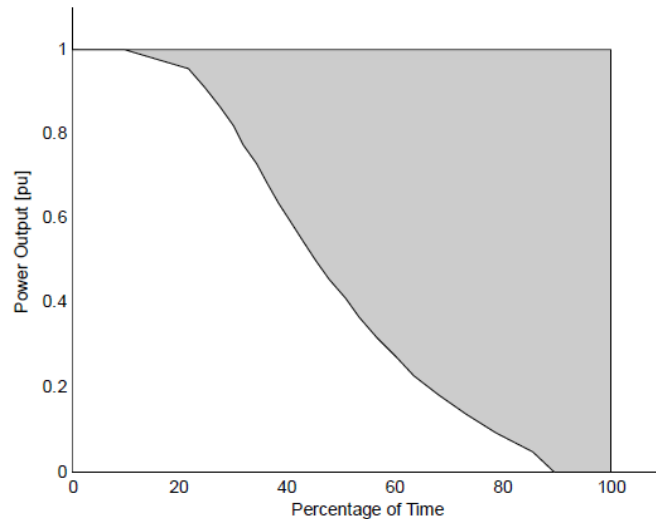
Aansluiten van clusters van windparken leidt tot schaalvoordelen bij netaansluiting

- TSO coördinerende rol?

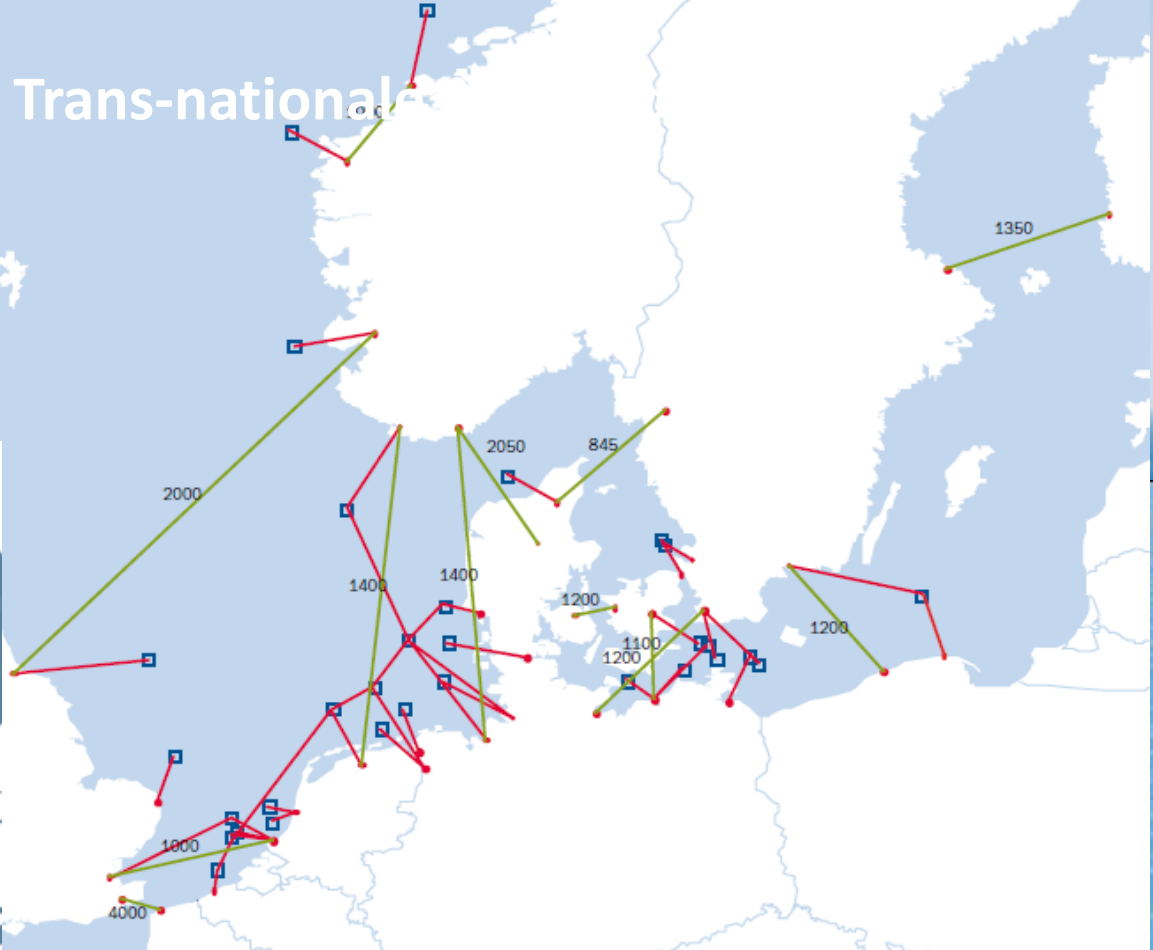
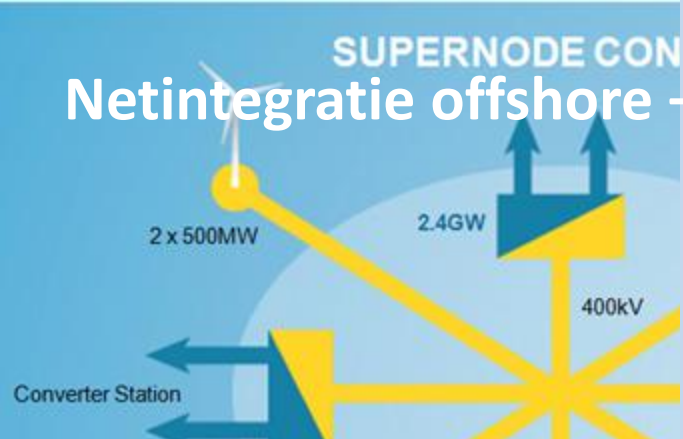
Overkomen lage(re) capaciteitsfactor

Synergieën

- Interconnectoren
- Internationale energiehandel
- Overige duurzame bronnen
- Olie & gas



Netintegration offshore – Trans-national



Netintegratie offshore – Trans-nationale netuitbouw

Bieden trans-nationale offshore netten werkelijk de beloofde flexibiliteit?

- Andere ontwerpregels voor ac en dc netten
- Offshore substations niet gemakkelijk uitbreidbaar
- Onzekerheid bij financiering
- Regulatorisch kader complex
- Technologische afhankelijkheid enkele aanbieders
- Standarisatie



Conclusies

Systeeminpassing in Nederland vooralsnog geen bottleneck

Netaansluiting offshore windparken kennen andere ontwerpregels dan netten op land

Regelgeving (Grid Code) van zeer grote invloed op het ontwerp van het elektrisch systeem

Clusterconcepten zijn eerste stap naar grotere offshore netten

Trans-nationale netten veelbelovend concept, maar nog veel uitdagingen

