



Hywind Tampen Gullfaks

Bjarne Monsen, HyT PMS ansvarlig

Agenda

1. Problemstilling
2. Oversikt Hywind Tampen
3. Styring av aktiv effekt og frekvens
4. Styring av reaktiv effekt og spenning
5. Vindpark – tilpasning til offshore nettsystemkrav
6. Start og stopp av gasskraftverk generatorer basert på kraftprognoser for vindkraft

Problemstillinger

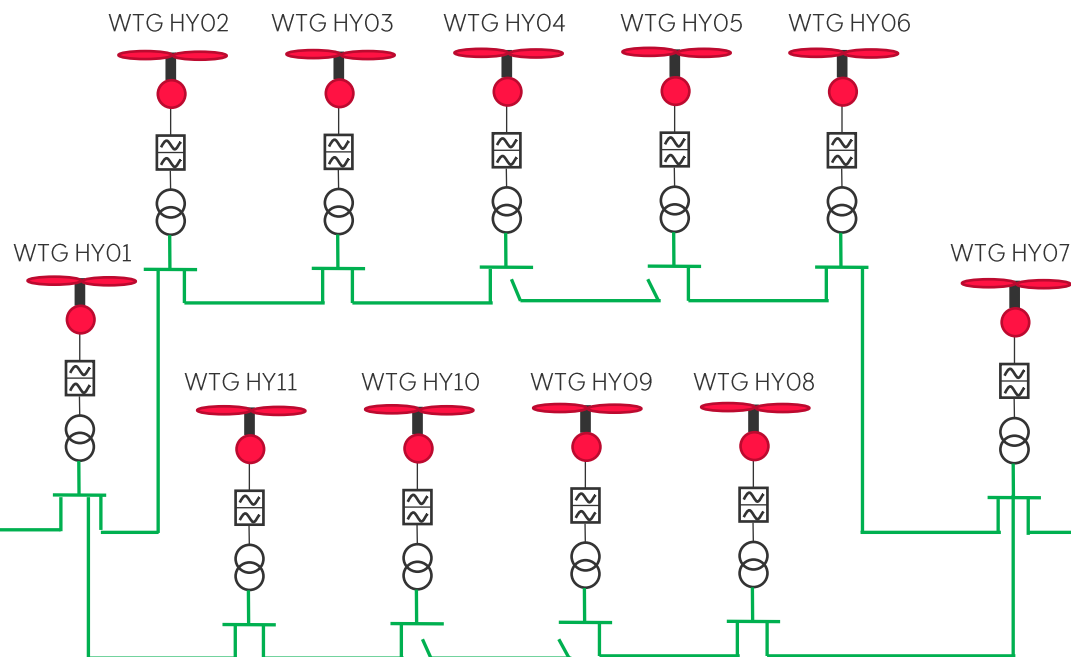
- Elektrosystem krever balanse mellom produksjon og forbruk til enhver tid. Ubalanse får konsekvens for frekvensen i nettet (hvis produksjon er høyere enn forbruk stiger frekvens)
- Offshore kraftnett kjennetegnes av relativt store og raske endringer i kraftproduksjon eller forbruk
- Vindkraften må styres for å opprettholde balanse mellom kraftproduksjon og forbruk, også når mye forbruk plutselig faller ut (PSD, ESD)
- Vindkraften er variabel og lunefull. Vindkraftprognoser har feilmargin.
- Gasskraftverket må driftes med en minimumseffekt for å opprettholde varmegjenvinning til prosessvarme (gasturbinene bør heller ikke driftes på tomgang)
- Plattformens kraftstyringssystem må styre produksjon, fordeling av kraft og tripp av forbrukere (lastavkasting) for å opprettholde kraftbalansen
- Vindparken kan ikke driftes uten å koble seg på et nett som styrer frekvensen (og har en viss kortslutningsytelse)

Øversikt

Snorre A



Gullfaks A



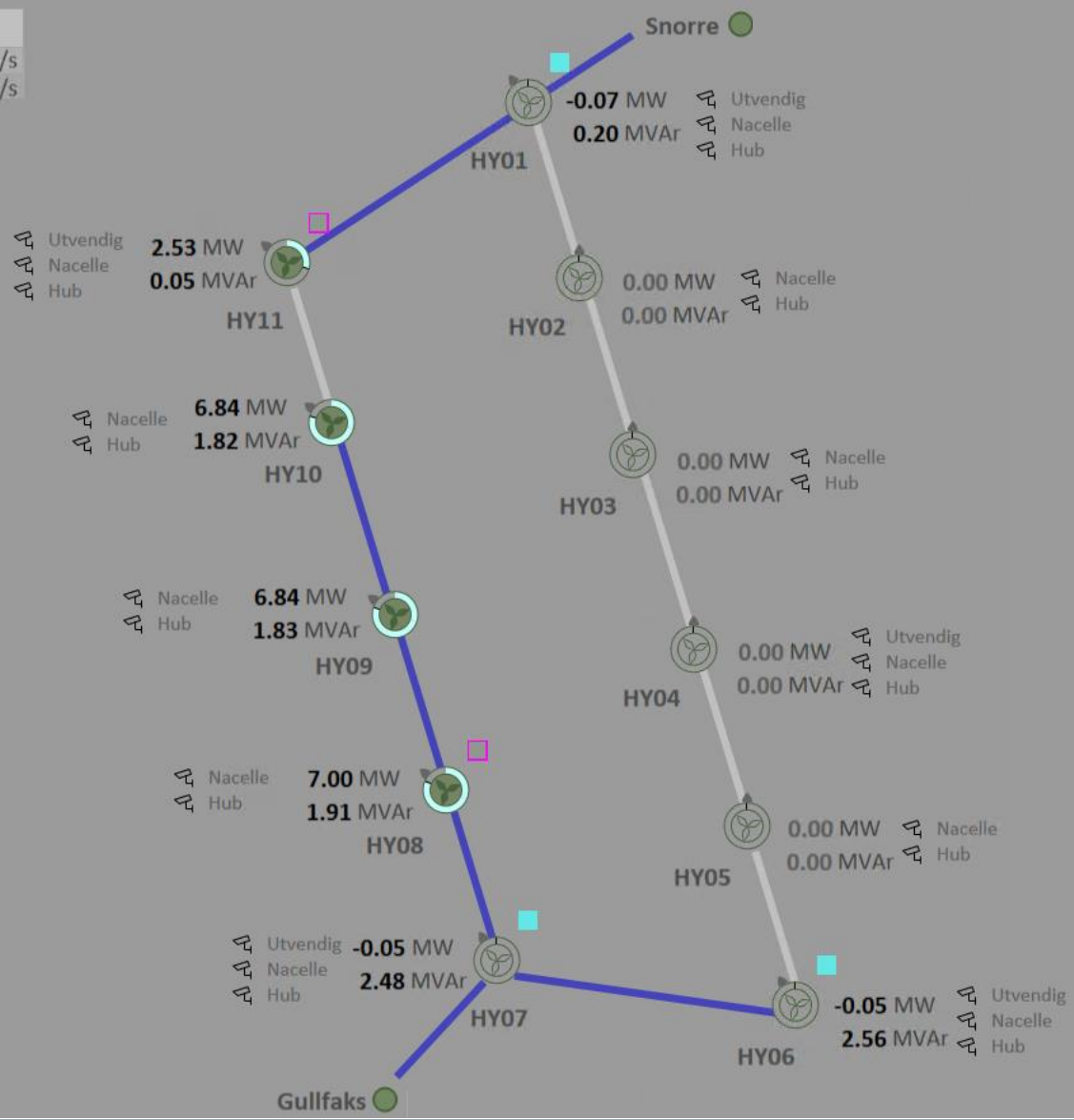
WTG – Wind Turbine Generator

Oversikt vindpark



Vindretninger - Vindpark	Retning	Styrke
HPPP - Gullfaks	316 deg	15.9 m/s
HPPP - Snorre	317 deg	15.5 m/s

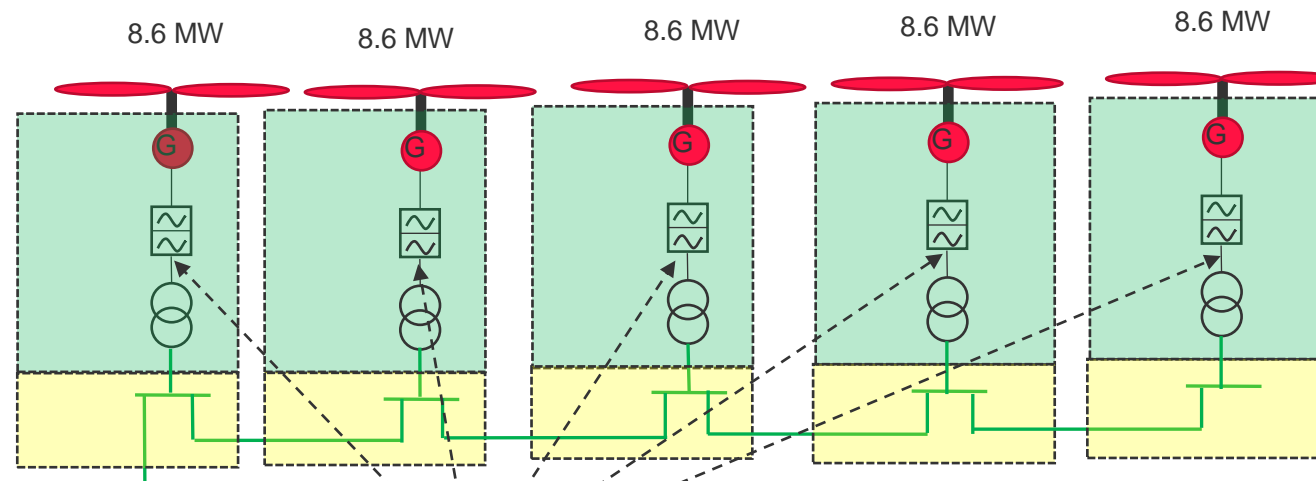
Stopp alle turbiner
S-50 Stop



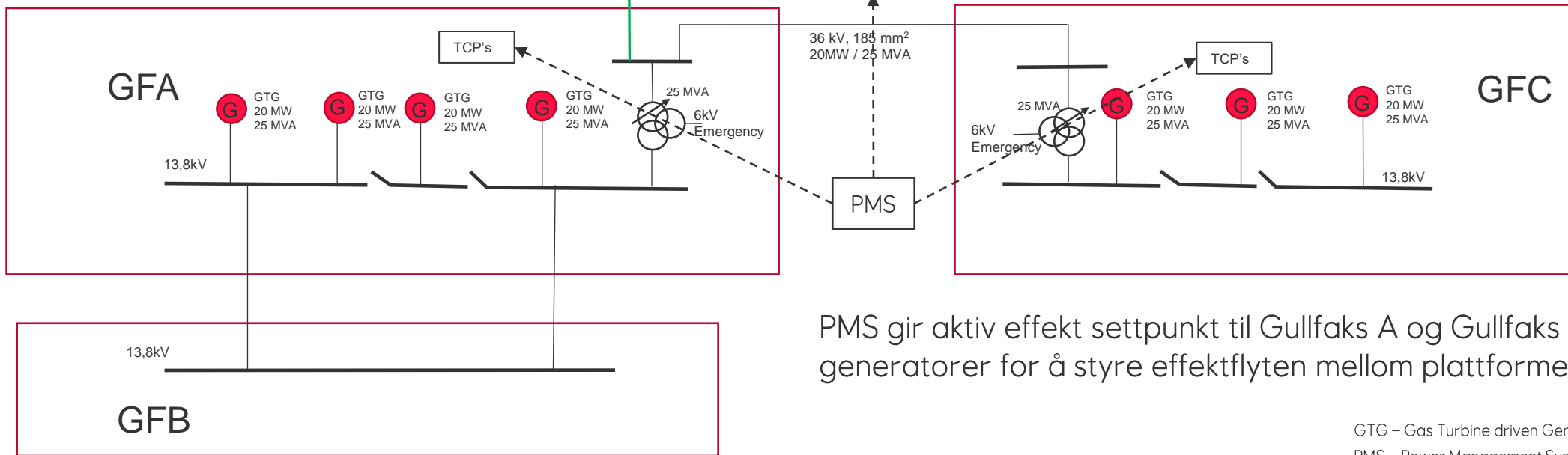
Styring av aktiv effekt og frekvens

PMS balanserer produksjon av kraft opp mot behovet ved å gi øke/minke turtall til Gullfaks A og Gullfaks C generatorer. Dette for å holde frekvens på 60 Hz

PMS setter maksimum tillatt import til vindparkkontroller (HPPP)



HPPP styrer aktiv effekt settpunkt til hver WTG



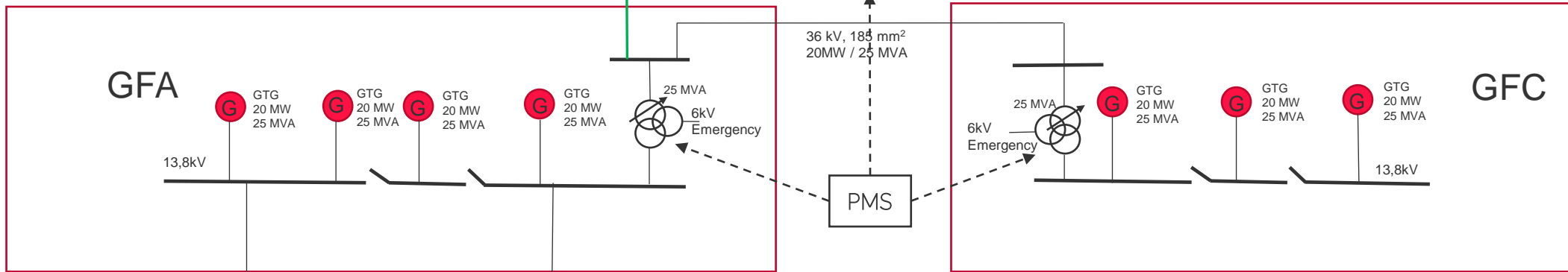
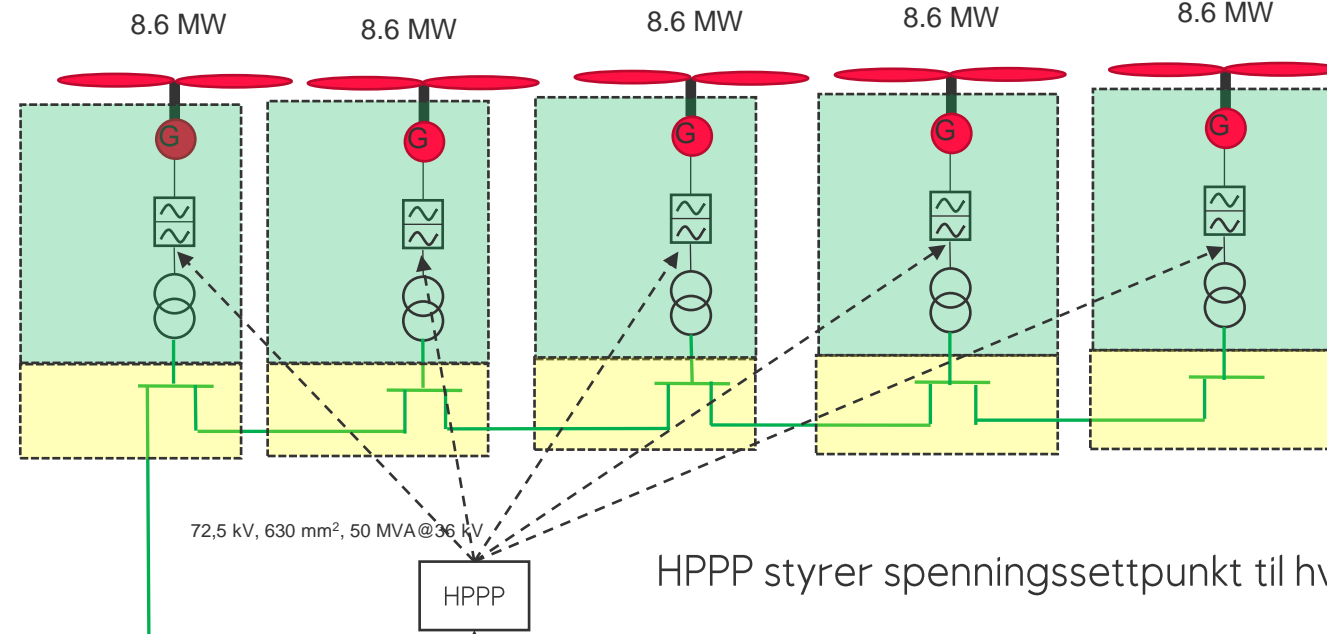
PMS gir aktiv effekt settpunkt til Gullfaks A og Gullfaks C generatorer for å styre effektflyten mellom plattformen

GTG – Gas Turbine driven Generator
PMS – Power Management System (Gullfaks kraftstyringsystem)

Styring av reaktiv effekt og spenning

PMS styrer 36 kV spenning og reaktiv effektflyt i overføring mellom Gullfaks A og Gullfaks C ved bruk av transformator trinnkoblere

PMS setter reaktiv settpunkt til vindparkkontroller



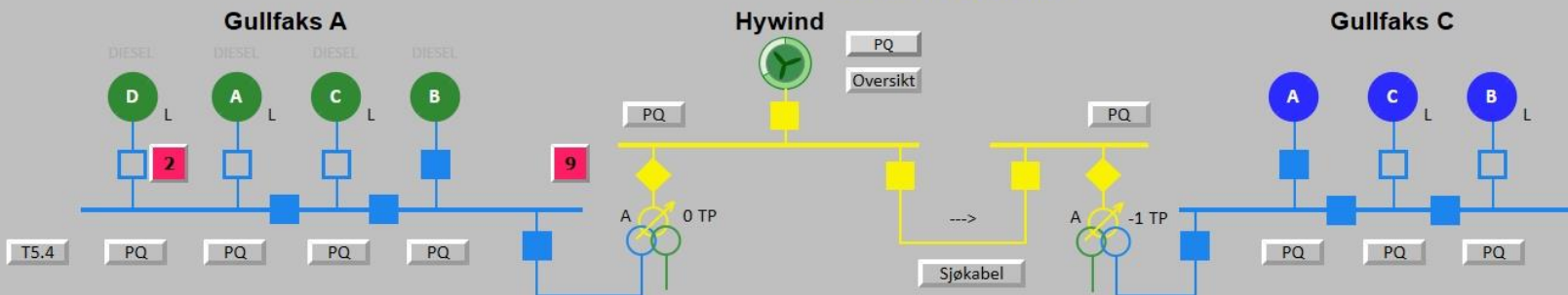
HPPP styrer spenningssettpunkt til hver WTG

13,8 kV spenning styres lokalt på hver plattform av generatorenes spenningsregulatorer



GTG – Gas Turbine driven Generator
PMS – Power Management System (Gullfaks kraftstyringssystem)

Maskin PQ Oversikt



Governor Modus

Tilgjengelig (CB lukket)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Droop	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Isochronous	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MW-Sharing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

AVR Modus

Tilgjengelig	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Droop	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Voltage	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Power Factor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mvar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mvar-Sharing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Målinger

Tilsyn. effekt	MVA				
Spenning	V	-49	-20	13850	13542
Strøm	A	1	0	0	724
Frekvens	Hz	54.99	55.01	59.92	60.00
Aktiv effekt	MW	0.1	0.0	0.0	11.5
Reaktiv effekt	Mvar	0.0	0.0	0.0	12.5
Effektfaktor		0.99	0.81	-0.65	0.68
T5.4	DegC	12	16	423	667

Settpunkt

Aktiv effekt	MW	3.0	3.0	3.0	11.1
Reaktiv effekt	Mvar	0.0	0.0	0.0	12.6
Effektfaktor		0.99	0.81	-0.65	0.68

Kabelmodus

MW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Enkel optimalisering	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Voltage

Voltage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Power Factor	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mvar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mvar-compensated-Q	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	GFA	Hywind	GFA-C	GFC-A
MVA	22.7	42.1	20.0	19.7
V	36690	36334	36686	36033
A	356	670.0	315	317
Hz	60.02	60.02	60.02	60.02
MW	21.3	40.0	-19.2	-18.8
Mvar	7.8	13.2	-5.5	-5.8
Effektfaktor	0.94	0.95	0.96	0.96

Aktiv effekt	MW			
Reaktiv effekt	Mvar		13.2	-10.9
Effektfaktor			0.95	0.87

Governor Modus

Tilgjengelig (CB lukket)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Droop	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Isochronous	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MW-Sharing	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

AVR Modus

Tilgjengelig	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Droop	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Voltage	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Power Factor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mvar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mvar-Sharing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Målinger

Tilsyn. effekt	MVA				
Spenning	V	13715	13738	-6	-39
Strøm	A	669	479	0	0
Frekvens	Hz	59.99	55.00	55.00	
Aktiv effekt	MW	7.2	0.0	0.0	
Reaktiv effekt	Mvar	8.9	0.0	0.0	
Effektfaktor		0.63	-0.99	0.25	
T5.4	DegC	597	8	20	

Settpunkt

Aktiv effekt	MW	7.1	5.0	5.0
Reaktiv effekt	Mvar	8.9	0.0	0.0
Effektfaktor		0.63	-0.99	0.25

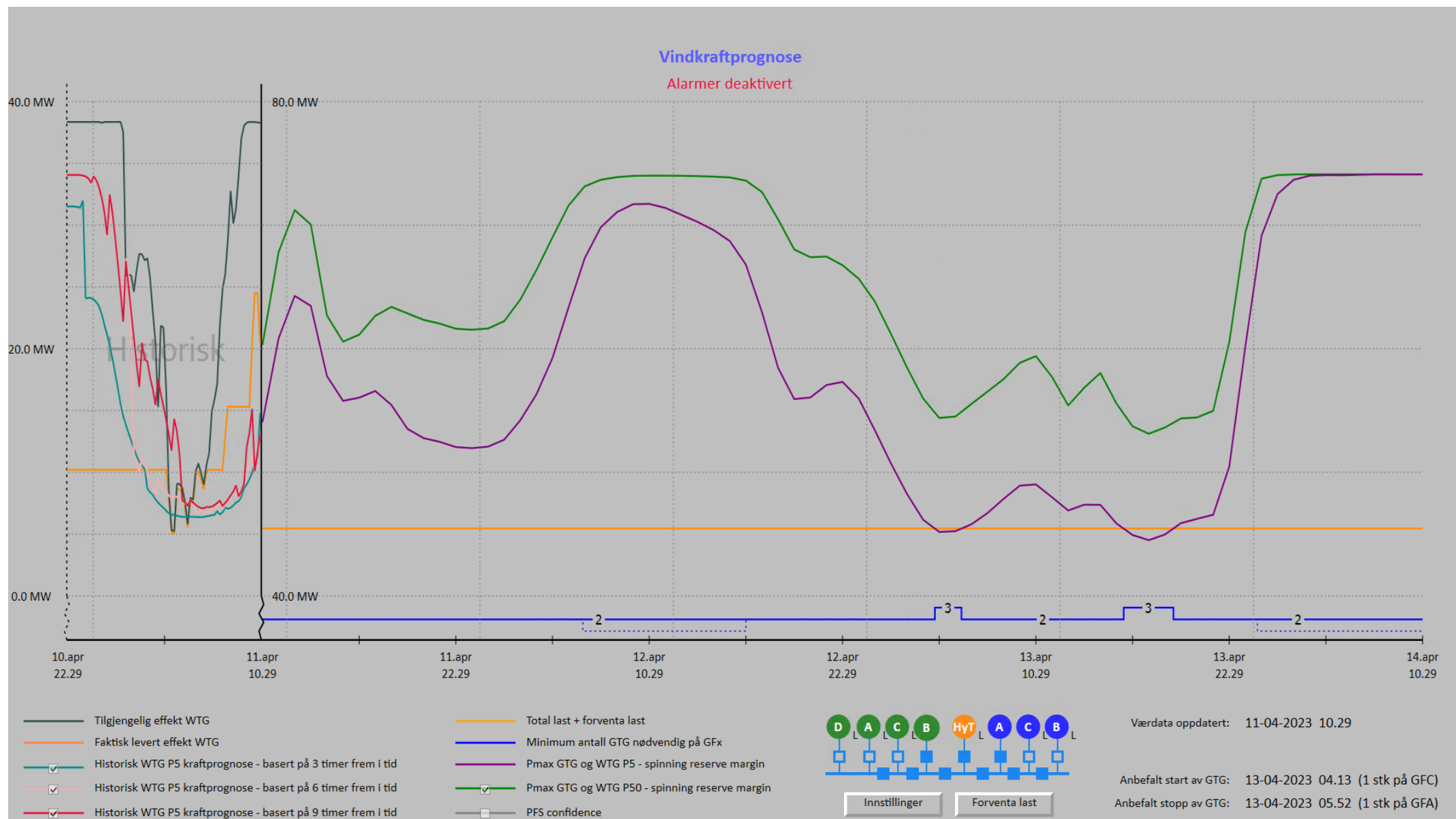
Status operasjonsmodus			
Normal Mode			
Produksjon:	GFA	Hywind	GFC
Totalt	11.5	40.0	7.4 MW
Spinning Res.	10.5		14.1 MW
Last:			
Aktiv effekt	32.8		26.0 MW
Reaktiv effekt	20.4		14.6 Mvar
Effektfaktor	0.85		0.87
P-kontroll settpunkt			
Forskjell	-46.8	Override	-45.5%
MW	-19.1		-18.8 MW
Q-kontroll settpunkt			
Mvar	-10.9	13.2	-10.7 Mvar
Effektfaktor	0.87	0.95	0.87

- GFA gen. A
- GFA gen. B
- GFA gen. C
- GFA gen. D
- GFA kabel
- GFC gen. A
- GFC gen. B
- GFC gen. C
- BMSP GFA/GFB
- Vindpark

Vindpark – tilpasning til offshore nettsystemkrav

- Vindparkleverandør leverer normalt til landbasert nettsystemkrav. Liten erfaring med offshore nettsystemkrav. Motvillig til å akseptere $\pm 10\%$ frekvensvariasjoner og $\pm 20\%$ spenningsvariasjoner, ref. NEK IEC 61982-1 tabell 1 og tabell 2
 - Frekvensvern satt til å trippe vindturbiner dersom frekvens er utenfor 57-62 Hz i mer enn 10 s (frekvensdynamikken i nettet er innregulert i god tid før dette)
 - Vindturbin deteksjon av spenningsfeil i nettet økt fra standard $\pm 10\%$ til $\pm 15\%$ (ref. 690 V på WTG)
- Lavt kortslutningsnivå når en plattform mister sin hovedkraft krever tilpasning til svakt nett i vindturbiners strøm og spenningsregulatorer. Har brukt et sett av «svak nett» regulatorparametere vindturbinleverandør har erfaring med fra før
- PMS styrer ett sett av parametere i vindparkkontroller (HPPP)
- Vindparkkontroller (HPPP) er satt til å bidra til å redusere produksjonen dersom frekvensen overstiger 61 Hz
- **Spesialutviklet overfrekvensfunksjon** i hver WTG for raskt å redusere vindkraftproduksjonen dersom frekvensen overstiger 61.9 Hz (Vindparkkontrollerens overfrekvensfunksjon er ikke hurtig nok for et offshore nett – unngå at plattformgeneratorene tripper på retur aktiv effekt). Test utført ved høy vindproduksjon (37 MW) etterfulgt av at Gullfaks A mistet hovedkraft (bortfall av ~30 MW last). Vindparken halverte produksjonen i løpet av 200 ms. Høyeste målt frekvens 62.2 Hz.

Start og stoppanbefaling basert på kraftprognoser

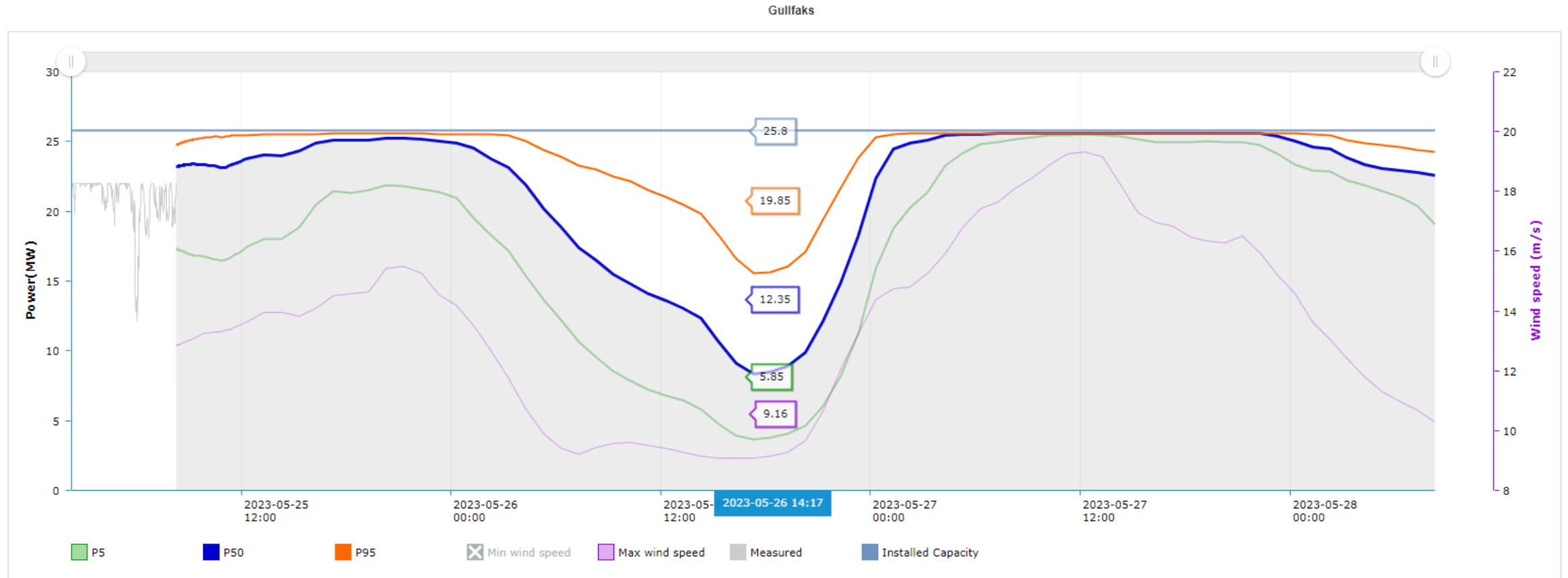


Hywind Tampen

Last update : 2023-05-25 08:17

Show:

Power forecast:



[Save chart as .csv](#) [View data \(.csv\)](#)

Last update : 2023-05-25 08:17

Anbefalinger for integrering av vindkraft inn mot offshore kraftnett i øydrift

- Vindparken må kontinuerlig styres av plattformens kraftstyringssystem. Ikke underestimer omfanget av kompleksitet for kraftstyringssystemet (dynamisk simulator av kraftnettet har vært meget nyttig i Hywind Tampen for testformål)
- Elektriske systemanalyser er nødvendig og kan være mer omfattende enn vanlig praksis for plattform kraftnett. Modellering av vindparken kan være en utfordring
- Avklar tidlig nettsystemskrav med vindkraftleverandør
- Vindkraftprognoser er nødvendig
- Varierende kraftproduksjon fra vindpark krever ekstra døgkontinuerlig oppfølging i kontrollrom. Bemanning? Gullfaks har døgkontinuerlig kraftsystemsoperatører.

Takk til de som har gjort dette mulig!

Gullfaks lisens partnere



Snorre lisens partnere



Bjarne Monsen

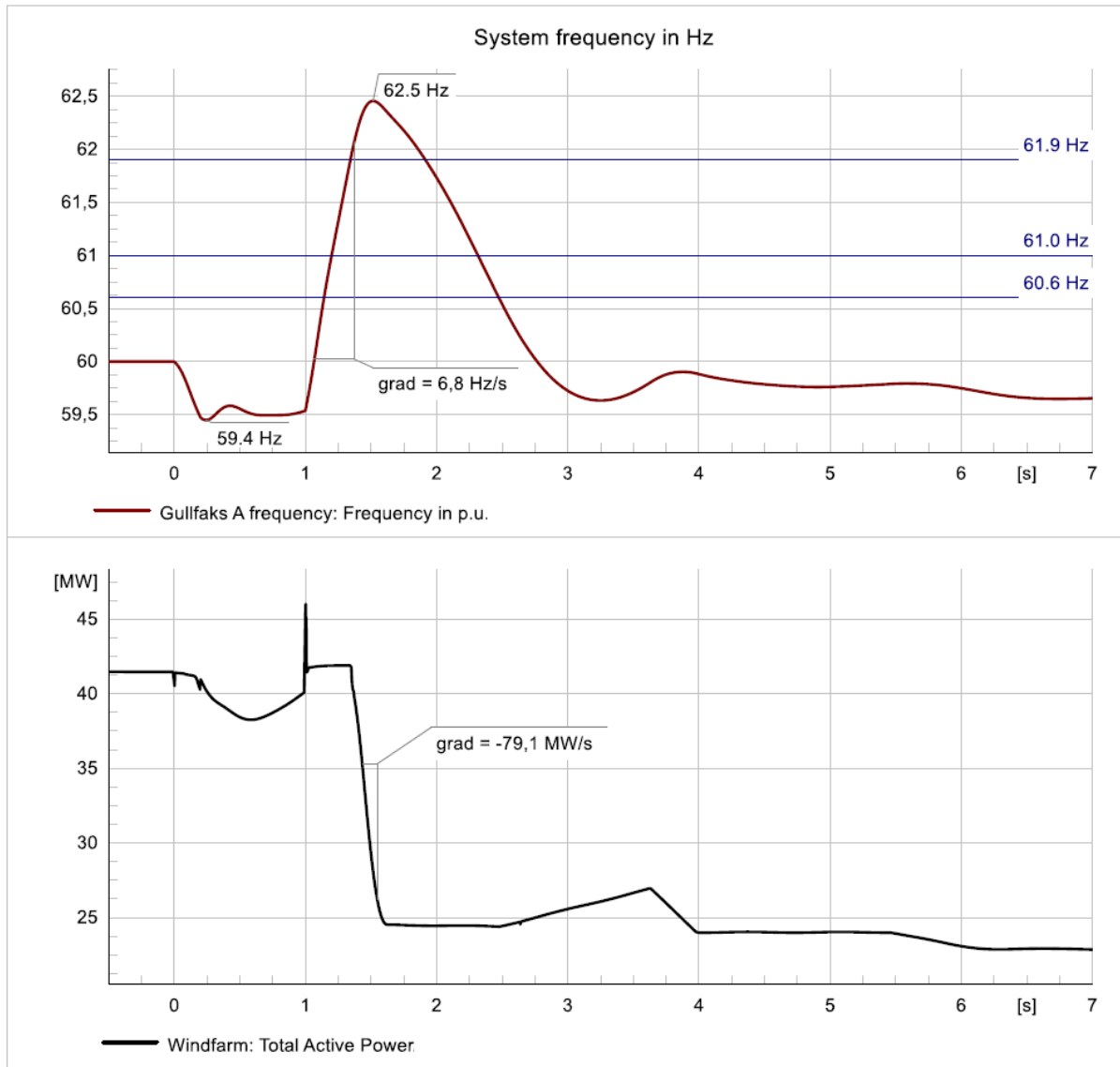
Advisor Electrical Power Systems

© Equinor ASA

This presentation, including the contents and arrangement of the contents of each individual page or the collection of the pages, is owned by Equinor. Copyright to all material including, but not limited to, written material, photographs, drawings, images, tables and data remains the property of Equinor. All rights reserved. Any other use, reproduction, translation, adaption, arrangement, alteration, distribution or storage of this presentation, in whole or in part, without the prior written permission of Equinor is prohibited. The information contained in this presentation may not be accurate, up to date or applicable to the circumstances of any particular case, despite our efforts. Equinor cannot accept any liability for any inaccuracies or omissions.

Ekstra materiale

Simulering – Gullfaks A mister hovedkraft



Sequence of events:

- $t = 0.0 s$
Trip of GTG at Gullfaks A by opening the corresponding circuit breaker
- $t = 0.2 s$
Automatic Load Shedding
Tripping of the following loads with total of 11.5 MW:
 - Motor 51-PZ23B at GFB (6.5 MW)
 - Motor 51-PA03B at GFA (5.0 MW)
- $t = 1.0 s$
Opening of Gullfaks A 25 MVA transformer circuit breaker at 13.8 kV level
- $t = 2.0 s$
Change HPPP-PPFC curtailment setpoint from 41.5 MW to 22 MW in the simulation.
During operation of Hywind Tampen, the new setpoint sent to the HPPP will be calculated by the following equation:
$$P_{HPPP,new} = P_{actual_towards_GFC_3s\ old} + P_{GFA,Emergency}$$
- $t = 2.5 s$
Change HPPP PPVC from power factor to voltage control mode with a setpoint of 36 kV (1 p.u.) at Gullfaks A platform