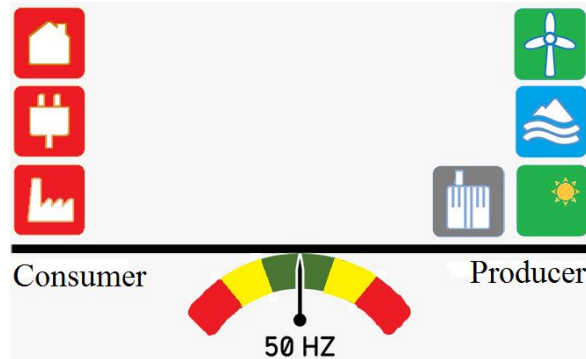


# Syntetisk svängmassa och samverkan med vattenkraft

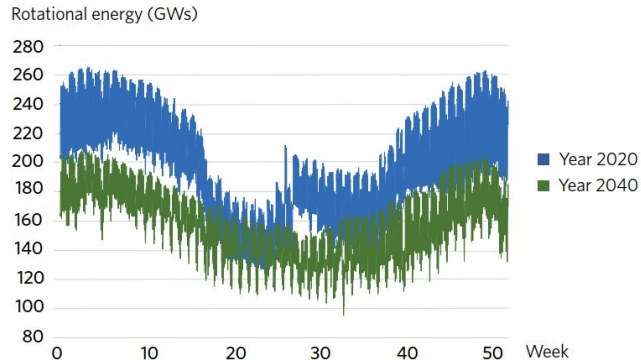
# Traditionellt nordiskt nät

- Baskraft från kärnkraft och vattenkraft
- Synkronmaskiner som förser nätet med mekanisk tröghet samt FCR(Frekvens reglering)
- 240GWs ackumulerad mekanisk tröghet

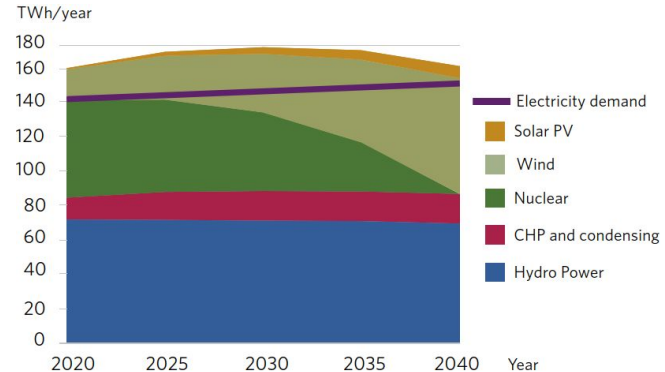


# Nuvarande och framtida nordiskt nät

- Ökad mängd av intermittent förnyelsebar energi
- Reducerad mekanisk svängmassa till 124GWs på grund av ej synkront kopplade generatorer
- Ökad mängd av frekvens och spännings oberoende last



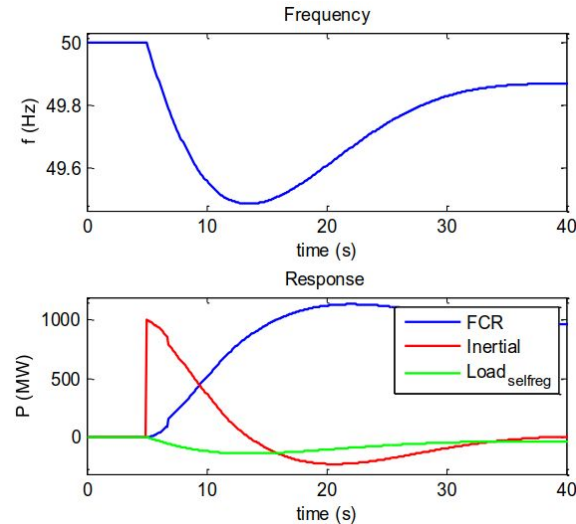
Simulated inertia in the Nordic synchronous area for 2020 and 2040.



Swedish energy balance in the scenario during 2020-2040.

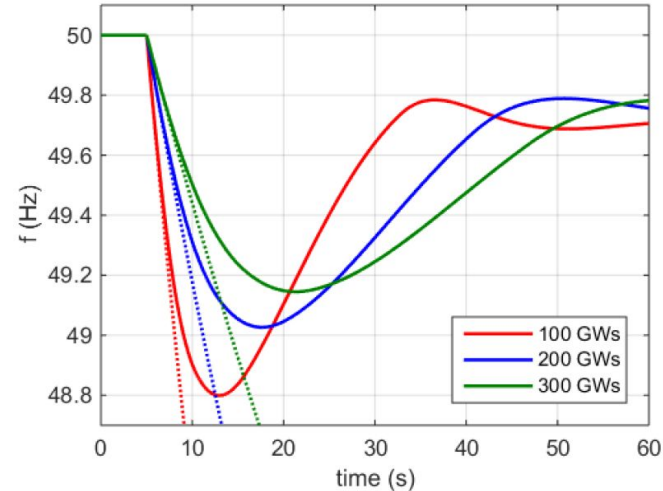
# Behovet av svängmassa

- Minskad mängd lågfrekventa oscillationer
- Minskad nadir
- Ökad RoCoF



\*ENTSO E - Future system inertia

Frekvenssvar beroende av mängd svängmassa





# Behovet av svängmassa



Foto: Magnus Hjalmarson Neideman/SvD/TT

## II Så hittar vi stabilitet i elnätet - även med ökad andel vind

1:56 min [Min sida](#) [Dela](#)

Publicerat kl 06:00

**Det går att säkra stabiliteten i elnätet även vid en mycket hög andel förnybar energi, menar forskare.**

Vindkraften byggs nu ut i mycket snabb takt. Kritiker menar att det sker utan ordentlig förberedelse - och det finns en oro för fler framtida avbrott i elsystemet när sol och vind kommer att stå för en allt större andel av elproduktionen.

Men Lennart Söder, professor i elkraftsystem vid Kungliga Tekniska Högskolan KTH i Stockholm menar att det går att minska den risken.

– Det här kommer att bli en allt större fråga allteftersom vi får in mer sol och mer vind i systemet. Men det finns tekniska lösningar på detta, säger han.

Lennart Söder forskar kring elkraftsystem och menar att stabiliteten i nätet kan behållas, även med en mindre så kallad svängmassa än idag. Svängmassa innebär att stora kärn- och vattenkraftverk med roterande turbiner kan täcka upp för varann vid exempelvis ett snabbstopp.

– Det är ju framförallt kärnkraftverken som står för mycket av rotationsenergin för närvarande, men vindkraften har också en rotationsenergi som är oerhört intressant. Den är dock inte direktkopplad till nätet, säger han.

Eftersom vindkraftverk inte alltid snurrar lika fort, går energin från dem först till en så kallad omriktare som gör om vind-elen till rätt frekvens för att kunna kopplas in på nätet.

– Då kan man styra omriktarna så att de hjälper systemet, så att man inte får problemen man skulle få om man bara kopplade bort kärnkraften. Så det finns oerhört många lösningar här, säger Lennart Söder.

## Ett elnät i obalans tvingade Ringhals att stänga ner

2019-02-14 06:00

36 kommentarer



●○○○

Frekvensen i elnätet blev för hög och Ringhals 3 tvingades att stänga. Händelsen visar att marginalerna i elsystemet krymper, anser Svenska kraftnät.



I varje sekund måste elproduktion och elkonsument stämma överens. Men på senare tid har den systemansvariga myndigheten, Svenska kraftnät, sett att resurserna för att hålla elsystemet i normaldrift börjar bli för små.

Ett exempel inträffade sommaren 2018, när Oskarshamns kärnkraftsreaktor tvingades dra ner sin uteffekt för att mängden svängmassa i elsystemet nådde en kritisk nivå. Svängmassa är tunga roterande delar, till exempel generatorer,



Efter midsommar kommer Vattenfall att återstarta reaktorn Ringhals 1 enligt ett särskilt avtal med Svenska Kraftnät, SvK.

2020-06-18

Vattenfalls pressavdelning

#ringhals

Med vårens utomordentligt låga elpriser har det inte varit affärsmässigt möjligt att återstarta reaktorn inför sommaren efter ett tidigare driftuppehåll med serviceåtgärder. Planeringen har varit att återstarta Ringhals 1 senast efter sommaren 2020 och driva reaktorn fram till årsskiftet 2020-2021 då den kommer att stängas av permanent. Det ändras nu i och med en särskild överenskommelse med Svenska kraftnät som ansvarar för kraftsystemets stabilitet.



# Nätjänster

| Ingen marknad<br>Inget krav | Befintliga marknader                   |       |       |             |               |             |
|-----------------------------|----------------------------------------|-------|-------|-------------|---------------|-------------|
| Inertia                     | FFR                                    | FCR   |       | aFRR        | mFRR          | RR          |
| Instantaneous               | Up to one second                       | FCR-D | FCR-N | Minutes     | 12-15 minutes | >15 minutes |
| Kondensatorer, svänghjul    | Lastbortkoppling, batteri, vattenkraft |       |       | Vattenkraft |               |             |

Activation time, fast to slow



# System svängmassa

- Kinetiska energin lagrad i den roterande massan i synkronmaskiner
- Direktkopplade synkronmaskiner bidrar främst till svängmassa

$$P_t - P_e = J\omega \frac{d\omega}{dt}$$

Där J är  
svängmassekonstant för  
given maskin i  $\text{kgm}^2$

$$P = K_{SI} \frac{df_{el}}{dt}$$

$$K_{SI} = J \left( \frac{2\pi}{n_P} \right)^2 f_{el}$$

Där  $n_P$  är antal poler



# Uteffekt vid frekvens störning

$$P_{Inertia} = \frac{J(2\pi)^2}{P^2} f_{el} \frac{df_{el}}{dt}$$

| Generator      | Installerad effekt<br>[MW] | Bidragande<br>svängmassa<br>vid $df/dt = -10$<br>mHz/s (normal<br>drift)<br>[kW] | Bidragande<br>svängmassa vid<br>$df/dt = -35$ mHz/s<br>(Stor störning)<br>[kW] | Vikt på roterande<br>delar [Ton] |
|----------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Näs G1         | 10                         | 3.5                                                                              | 12                                                                             | 65                               |
| Älvkarleby G6  | 46                         | 58                                                                               | 204                                                                            | 150                              |
| Messaure G1    | 153                        | 207                                                                              | 725                                                                            | 573                              |
| Harsprånget G5 | 469                        | 848                                                                              | 2 970                                                                          | 1254                             |



# Behovet av svängmassa

- För att ersätta halva svängmassan med syntetisk svängmassa i det nordiska elnätet under normala driftförhållanden krävs 30MW och 1MWh
- Mer svängmassa minskar mekaniskt slitage i vattenkraftverk



| Relativ förändring i mekanisk rörelse | Utan SI | Med SI<br>25 MW<br>0,11 MWh |
|---------------------------------------|---------|-----------------------------|
| # cykler                              | +42 %   | +2 %                        |
| Mekanisk rörelselängd                 | +14 %   | +3 %                        |

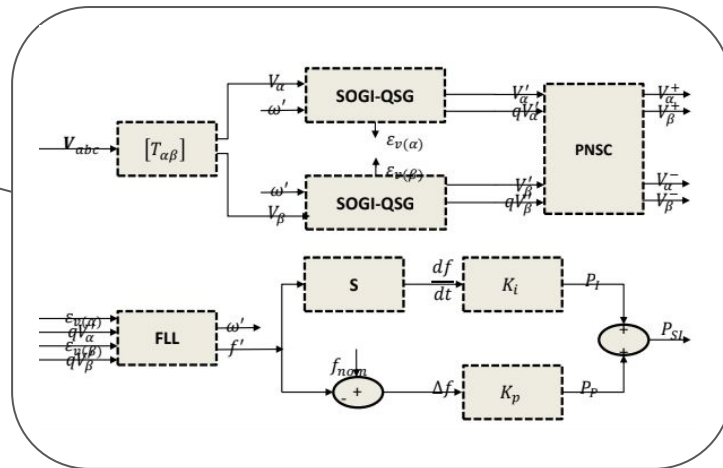
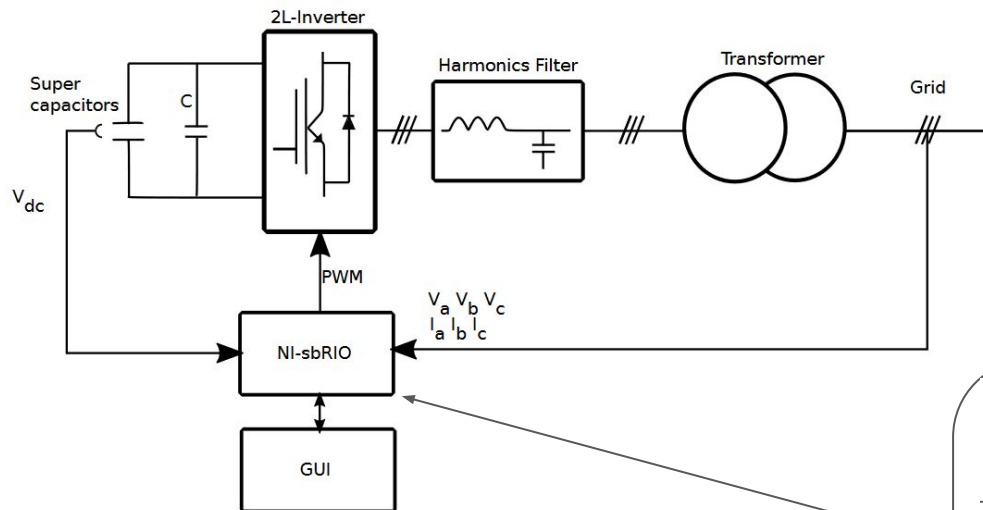
# Syntetisk svängmassa

- Svängmassa från energilager via kraftelektronik
- Hybrid energilager
  - Li-ion batterier 7200Wh
  - Superkondensator 140Wh
- Tröghets konstant  $H=18s$ 
  - Typiskt vattenkraft 5s
  - Typiskt kärnkraft 10s
- Utrustningen motsvarar svängmassan från en 30-50MVA synkrongenerator.



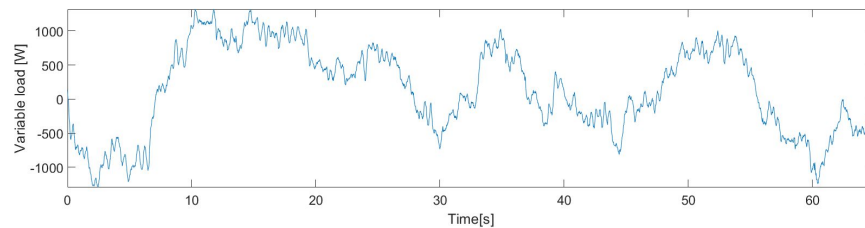
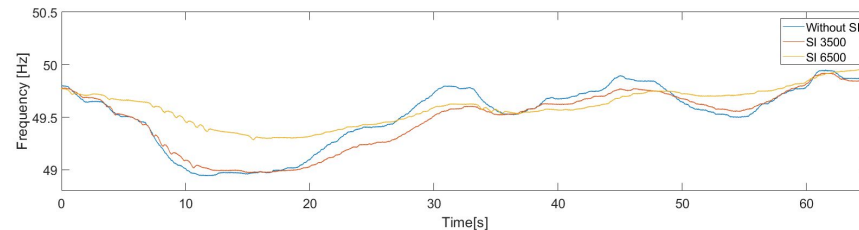
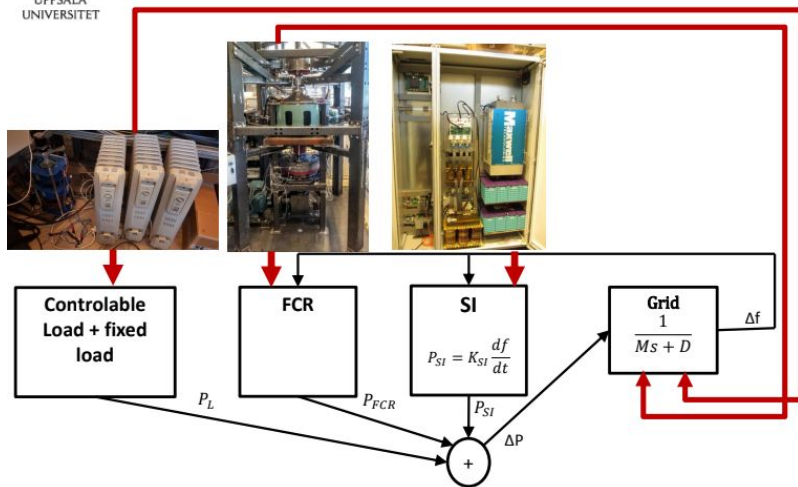


# Syntetisk svängmassa



# Realtidstest med syntetisk svängmassa

## System overview



| Case    | $\Delta f_{max}$ [Hz] | ROCOF[Hz/s] | Nadir[Hz] |
|---------|-----------------------|-------------|-----------|
| W/O SI  | 0.83                  | 0.443       | 48.94     |
| SI 64%  | 0.8                   | 0.318       | 48.97     |
| SI 119% | 0.47                  | 0.261       | 49.3      |



A scenic landscape featuring a river with white water rapids in the foreground. In the background, there are power lines and poles stretching across the frame. The sun is setting behind a line of trees, creating a warm, golden glow and lens flare effects. The sky is a clear, pale blue.

Tack för er uppmärksamhet

Frågor?