

Notat

Sak: Veileder til krav i FIKS om prøver og dokumentasjon av prøver

Dokumentet sendes til:

Saksbehandler/Adm. enhet:

Stefan Ring/Systemfunksjonalitet

Sign

.....*Stefan Ring*.....

Ansvarlig/Adm. enhet:

Anne Sofie Ravndal Rises/
Systemfunksjonalitet

Sign:

.....*Anne Sofie Ravndal Rises*.....

Til orientering: Avdeling DUF

Saks-ID: 14/01771

Dokument ID: 14/872

Dato: 8.12.2014

Veileder til krav i FIKS om prøver og dokumentasjon av prøver

Sammendrag

Formålet med dette dokumentet er å tydeliggjøre veiledende krav i "Funksjonskrav i kraftsystemet 2012 (FIKS)" kapittel 7 og 8 om prøver og dokumentasjon av prøver. På samme vis som FIKS er dette dokumentet avgrenset til krav ved idriftsettelse av utstyr som påvirker eller har potensial til å påvirke funksjonaliteten hos turbinreguleringen og/eller spenningsreguleringen hos aggregater i vannkraftverk.

INNHold

1	Innledning	3
1.1.	Bakgrunn	3
1.2.	Dokumentets formål	3
1.3.	Avgrensninger	3
2	Generelt – krav til prøverapporter	4
3	Dokumentasjonskrav ved tiltak som påvirker turbinreguleringen (frekvensreguleringsevnen).....	5
3.1.	Gyldighet for krav	5
3.2.	Krav til blokkskjema og parametrisering.....	5
3.3.	Krav til test av tidskonstant for servosløyfe	5
3.4.	Krav til test av dødtid i servosystemet.....	6
3.5.	Krav til test av statikkfunksjonen – måling under normaldrift	6
3.6.	Krav til test av statikkfunksjonen – frekvensstegprøver	6
3.7.	Krav til test av overgang til isolertnettdrift (separatdrift/øydrift)	7
4	Dokumentasjonskrav ved tiltak som påvirker spenningsreguleringen ...	8
4.1.	Gyldighet for krav	8
4.2.	Krav til blokkskjema og parametrisering.....	8
4.3.	Krav til stegresponstest for spenningsregulator i tomgang	9
4.4.	Krav til test av utreguleringstid ved reaktivt avslag	9
4.5.	Krav til impulsresponstest for spenningsregulator i nettdrift.....	9
4.6.	Krav til impulsresponstest for spenningsregulator og dempetilsats i nettdrift.....	10

1 INNLEDNING

1.1. Bakgrunn

"Funksjonskrav i kraftsystemet 2012 (FIKS)" inneholder systemansvarliges veiledende krav til utstyr og funksjonalitet for å ivareta driftssikkerheten i kraftsystemet. Dette inkluderer krav om funksjonalitet til turbin- og spenningsreguleringen hos aggregater i vannkraftverk. FIKS inneholder også krav til hvordan korrekt funksjonalitet skal dokumenteres ved idriftsettelse etter nyinstallasjon eller endringer som kan påvirke funksjonaliteten til slik regulering, samt krav om at rapportering av dokumentasjonen (prøverapporter) skal skje til systemansvarlig etter idriftsettelse.

Når systemansvarlig fatter vedtak om idriftsettelse av utstyr, som påvirker eller har potensial å påvirke funksjonaliteten hos turbinreguleringen og/eller spenningsreguleringen hos aggregater i vannkraftverk, iht. "Forskrift om Systemansvar i kraftsystemet (fos)" § 14, påpekes også behovet for rapportering av korrekt fungerende funksjonalitet (prøverapporter) til systemansvarlig etter idriftsettelse.

Rapporteringen som kravstilles er også nødvendig for å muliggjøre implementering av aggregatene i systemansvarliges simuleringsmodeller (Norgesmodellen i PSS/E og Aristo).

Prøverapportene som inntil i dag er innmeldt til Statnett har vist seg å være av ulik kvalitet og mangler ofte kravstilte deler, noe som har gjort både oppfølging av funksjonskrav og implementering i simuleringsmodellene vanskelig. For å oppnå ønsket kvalitet på rapportene er det behov for å tydeliggjøre systemansvarliges krav til innholdet, da FIKS på dette punkt er noe vanskelig å forstå.

1.2. Dokumentets formål

Formålet med dette dokumentet er å tydeliggjøre veiledende krav til prøver og dokumentasjon av prøver ved idriftsettelse av utstyr som påvirker eller har potensial å påvirke funksjonaliteten hos turbinreguleringen og/eller spenningsreguleringen hos aggregater i vannkraftverk. Dermed skal dokumentet for konsesjonærer og leverandører forenkle det å levere dokumentasjon (prøverapporter) som:

- På en tydelig måte viser at funksjonskrav som er stilt for turbin- og spenningsregulering oppfylles.
- Muliggjør implementering av aggregatene og deres turbin- og spenningsregulering i Statnetts simuleringsmodeller.

1.3. Avgrensninger

Krav i dette dokumentet er, på samme vis som i FIKS, avgrenset til krav til prøver og dokumentasjon av prøver ved tiltak som berør turbinreguleringen og/eller spenningsreguleringen hos aggregater i vannkraftverk. Det understrekes at krav til prøver i dette dokumentet er, på samme vis som i FIKS, utarbeidet for å verifisere den funksjonalitet som systemansvarlig ser behov for å få verifisert, og ikke på noen måte kommer i stedet for konsesjonærens/bestillerens egne krav til leverandør.

For mer utførlig beskrivelse av krav til reguleringsfunksjonalitet henvises det til FIKS kapittel 3.2. For beskrivelse av krav til prøver henvises det også til FIKS kapittel 7 og 8.

Nye krav til produksjonsanlegg gjennom "Network Code on Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators (NC RfG)" vil medføre endringer til dagens FIKS. Dette kan påvirke behovet for prøver. Dette dokumentet reflekterer FIKS utgaven fra 2012 og gjelder inntil nye krav eller ny veiledning foreligger.

2 GENERELT – KRAV TIL PRØVERAPPORTER

Krav til omfanget av hva som skal prøves og dokumenteres ved idriftsettelse av utstyr, som påvirker eller har potensial å påvirke funksjonaliteten hos turbinreguleringen og/eller spenningsreguleringen hos aggregater i vannkraftverk, bestemmes av tiltakets omfang iht. tabell 2-1 og 2-2 nedenfor. En mer utførlig beskrivelse av disse krav følger av kapitlene videre i denne veilederen.

Krav #	Krav som angår	Krav gjelder ved tiltak som inkluderer/påvirker		Krav beskrives nærmere i avsnitt
		Turbinregulator	Servosystem	
1	Blokkskjema og parametrisering	X	X	3.2
2	Test av tidskonstant for servosløyfe		X	3.3
3	Test av dødtid i servosystemet		X	3.4
4	Test av statikkfunksjonen – måling under normaldrift	X	X	3.5
5	Test av statikkfunksjonen – frekvensstegprøver ¹	X	X	3.6
6	Test av overgang til isolertnettdrift ²	X	X	3.7

Tabell 2-1 Sammendrag av hvordan krav til dokumentasjon i prøverapporter varierer med omfanget av tiltaket som gjennomføres, ved tiltak som påvirker eller har potensial å påvirke turbinreguleringen

Krav #	Krav som angår	Krav gjelder ved tiltak som inkluderer/påvirker			Krav beskrives nærmere i avsnitt
		Spenningsregulator	Magnetiseringsutstyr	Dempe-tilsats	
1	Blokkskjema og parametrisering	X	X	X	4.2
2	Stegresponstest for spenningsregulator i tomgang	X	X		0
3	Test av utreguleringstid ved reaktivt avslag	X	X		4.4
4	Impulsresponstest for spenningsregulator i nettdrift	X	X	X	4.5
5	Impulsresponstest for spenningsregulator og dempetilsats i nettdrift	X ³	X ³	X	4.6

Tabell 2-2 Sammendrag av hvordan krav til dokumentasjon i prøverapporter varierer med omfanget av tiltaket som gjennomføres, ved tiltak som påvirker eller har potensial å påvirke spenningsreguleringen

¹ Behov for prøve framgår i kapittel 7.1 i FIKS (første punktet under rubrikken "Effektrespons under driftsforstyrrelse (systemforstyrrelse)" i kombinasjon med siste punktet under rubrikken "Beskrivelse og dokumentasjon"), men dessverre ikke i kapittel 7.2 i FIKS.

² Systemansvarlig fastsetter behovet for denne prøve i og med vedtak om idriftsettelse iht. fos §14 (i enkelte tilfeller er nettsituasjonen slik at behovet for å teste overgangen til isolertnettdrift er begrenset).

³ Kun aktuelt når et aggregat har dempetilsats.

De krav som beskrives mer utførlig i dette dokumentet er ikke typeprøver, men prøver som skal gjennomføres ved hvert enkelt tiltak. Utover disse prøvene finnes krav i FIKS om Amplitude-Fase-Frekvens (AFF) opptak for både turbin- og spenningsregulering. AFF-opptakene som skal påvise reguleringsystemenes respons ved forstyrrelser av varierende frekvens, kan utføres som typeprøver og skal rapporteres når konsesjonær benytter reguleringsutstyr som tidligere ikke har vært benyttet i det norske markedet. Disse prøver beskrives ikke mer utførlig i denne veileder da det vises til FIKS kapittel 7 og 8 for mer utførlig beskrivelse av disse prøver.

Betydningen understrekes av at de målekurver som innrapporteres i forbindelse med kravstilte prøver har hensiktsmessig oppløsning, slik at resultatene av prøvene faktisk kan leses.

3 DOKUMENTASJONSKRAV VED TILTAK SOM PÅVIRKER TURBINREGULERINGEN (FREKVENSSREGULERINGSEVNEN)

3.1. Gyldighet for krav

Krav til prøver og dokumentasjon av prøver i dette dokumentet angår kun aggregater med fullverdig turbinregulator. Iht. FIKS skal aggregater ≥ 10 MVA, samt mindre aggregater der det er mulig, ha fullverdig turbinregulator utstyrt for aktiv frekvensregulering. Typisk tilhører aggregater < 10 MVA med inntaksmagasin til de mindre aggregater der det anses å være mulig med fullverdig turbinregulator, selv om magasin størrelsen er begrenset.

I etterfølgende underavsnitt beskrives krav som kan være relevante i prøverapport for turbinregulering. Påkrevet omfang av prøver er avhengig av gjennomført tiltak iht. tabell 2-1 i kapittel 2.

3.2. Krav til blokkskjema og parametrisering

Krav	Prøverapport skal inneholde reguleringsteknisk blokkskjema/overføringsfunksjon for turbinreguleringsystemets oppbygging, gi forklaring på de ulike parameterne i blokkskjemaet/overføringsfunksjonen og angi alle parameterverdier. eller Hvis leverandøren tidligere har rapportert inn reguleringsteknisk blokkskjema/overføringsfunksjon for turbinreguleringsystemets oppbygging, gitt forklaring på de ulike parameterne i blokkskjemaet/overføringsfunksjonen og angitt generelle parameterverdier, er det tilstrekkelig at kun de for aggregatet unike parameterverdiene innrapporteres.
Formål med krav	Modellering av aggregatet i PSS/E og Aristo samt verifisering av aggregatet i simuleringstøytøy skal muliggjøres.

3.3. Krav til test av tidskonstant for servosløyfe

Krav	Prøverapport skal inneholde redegjørelse om måling av tidskonstant T_y (iht. IEC 61362) for servosystemet for løpeskovler, ledesskovler og/eller nåler. Måling gjøres enklest ved stegendring av
-------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	servoposisjonen. Målekurver for er- og bør-verdier for servoposisjonen skal dokumenteres.
Aksept-kriterium	Tidskonstant T_y (IEC 61362-1998) for servosystemet for ledeskovler på francis- og kaplanturbiner, samt pelton nålservomotorer, skal være $\leq 0,4$ s. Tidskonstanten for løpeskovlene på kaplanturbiner skal være $\leq 0,8$ s.
Formål med krav	Det skal fastslås at servosystemet er hensiktsmessig utformet (tilstrekkelig hurtig) for å muliggjøre god frekvensreguleringsevne.

3.4. Krav til test av dødtid i servosystemet

Krav	Prøverapport skal inneholde redegjørelse om målt dødtid i servosystemet ("control system dead time", T_d , i IEC 61362-1998). Er-verdier for frekvens og servoposisjon skal dokumenteres. Dødtiden er tiden fra det at frekvensøkning er synlig til ledeapparatbevegelse mot lukking starter. <i>Tiden kan helst måles ved for eksempel et fullastavslag (åpning av effektbryter).</i>
Aksept-kriterium	Dødtiden skal være $< 0,2$ s.
Formål med krav	Det skal sikres at dødtid i servosystemet ikke umuliggjør god frekvensreguleringsevne.

3.5. Krav til test av statikkfunksjonen – måling under normaldrift

Krav	Prøverapport skal inneholde redegjørelse om måling av effekt, servoposisjon og frekvens under et par minutters normal drift. Er-verdier for disse parametere skal dokumenteres i målekurver.
Aksept-kriterium	Dødbånd skal ikke eksistere i turbinreguleringen slik at også små frekvensforandringer slår igjennom i servoposisjon og levert effekt.
Formål med krav	Det skal påvises at aggregatet bidrar i primærreguleringen som forutsatt (uten dødbånd).

3.6. Krav til test av statikkfunksjonen – frekvensstegprøver

Krav	Prøverapport skal inneholde redegjørelse om måling av frekvens og effekt ved små og store frekvensforandringer (steg i referansefrekvensen) samt ved forskjellige belastningspunkter. Bør- og er-verdier for frekvens samt er-verdier for effekt og servoposisjon skal dokumenteres i målekurver. Målingene skal gjøres ved 6 % statikkinnstilling, og gjerne også ved 12 % statikkinnstilling (statikkinnstilling skal rapporteres sammen med målekurvene). Typisk skal små steg være $\pm 0,1$ Hz og store steg $\pm 0,4$ Hz, i.e. en hensiktsmessig prøvesekvens er 50,00 Hz \rightarrow 49,90 Hz \rightarrow 49,50 Hz \rightarrow 49,90 Hz \rightarrow 50,00 Hz ved respektive belastningspunkt og statikkinnstilling.
-------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>Grunnen til å gjøre både små og store frekvenssteg er å prøve responsen både ved forandringer som resulterer i aktivering av normaldriftsreserver (FCR-N) og driftsforstyrrelsesreserver (FCR-D). Grunnen til å gjøre prøver ved ulike belastningspunkter og med ulike statikkinnstilling er at tidskonstanten (tiden for å nå statisk avvik) er avhengig av belastningspunktet og innstilt statikk. I Norge brukes normalt 6 % respektive 12 % som statikkinnstillingsverdi.</p>
Aksept-kriterium	<p>Aktiv effekt skal nå stasjonært statisk avvik (svinge inn) innen anslagsvis 30 s. Den stasjonære effekten i MW etter frekvenssteg skal være:</p> $P = P_0 - \frac{1}{R} \times (f - f_0) = P_0 - \frac{1}{e_p \times \frac{f_n}{P_n}} \times (f - f_0) =$ $P_0 - \frac{P_n}{e_p \times f_n} \times (f - f_0) \text{ [MW]}$ <p>der:</p> <p>P_0 er aggregatets produksjon av aktiv effekt i MW før frekvenssteg P_n er aggregatets nominelle effekt (merkeeffekt) i MW e_p er aggregatets statikkinnstilling i p.u. (ikke prosent) f_n er nominell frekvens i Hz (50 Hz) f er frekvensen etter stegendring i Hz f_0 er frekvensen før stegendring i Hz</p>
Formål med krav	<p>Det skal påvises at aggregatet bidrar i primærreguleringen som forutsatt (korrekt responstid og amplitude på effektendring).</p>

3.7. Krav til test av overgang til isolertnettdrift (separatdrift/øydriфт)

Krav	<p>Prøverapport skal inneholde redegjørelse om måling av frekvens og effekt ved overgang fra fullast i samkjøringsdrift til dellast i isolertnettdrift. Er-verdier for disse parameterne ved overgang til dellast i isolertnettdrift skal dokumenteres i målekurver. Statikkinnstilling ved målingene skal også rapporteres sammen med målekurvene.</p> <p><i>I utgangspunktet er dellast 20 % last (20 % av merkeeffekt, P_n). Hvis ikke momentan overgang fra fullast til 20 % last er mulig skal uttalelse om dette for planlagte anlegg innhentes fra systemansvarlig (ved søknad om idriftsettelse iht. fos § 14).</i></p> <p>Et alternativ til skarpt å teste overgangen til isolertnettdrift er å simulere overgangen iht. kapittel 6.9.2 i IEC 60308-2005. En slik øydriфтsimulator innebærer innkobling av "Hardware In the Loop" (HWIL) som simulerer en nettfrekvens og gir denne som in-signal til turbinregulatoren i stedet for den normale nettfrekvensen. Simulatoren mottar i sin tur aggregatets respons på frekvensendringen.</p>
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Aksept-kriterium	Prøving av overgang fra fullast i samkjøringsdrift til dellast i separatudrift skal være utført med suksess – dvs. uten at aggregatet har løst ut og ved at effekten har nådd stasjonært statistisk avvik (sving inn) innen anslagsvis 30 s.
Formål med krav	Det skal fastslås at aggregatet klarer overgang til isolertnett uten utfall, for nettopp å sikre forsyningen til små delområder etter utfall av forbindelse(r) mot sentralnettet.

4 DOKUMENTASJONSKRAV VED TILTAK SOM PÅVIRKER SPENNINGREGULERINGEN

4.1. Gyldighet for krav

Iht. FIKS skal synkrongeneratorer $\geq 0,5$ MVA ha utstyr for spenningsregulering. For alle aggregater ≥ 1 MVA er det krav om at spenningsregulator og magnetiseringsutrustning skal prøves og parametriseres ut fra beskrivelse i FIKS kapittel 8.

For generatorer ≥ 25 MVA kreves i tillegg at disse skal ha statisk magnetisering og dempetilsats. Aggregat < 25 MVA kan utrustes med statisk magnetisering og dempetilsats dersom det bedømmes hensiktsmessig. I svake nett med mange små generatorer kan det eksempelvis være aktuelt å utruste "største" generator med dempetilsats. Det kan også være aktuelt å utruste en generator med dempetilsats, når generatoren er tilknyttet nett med behov for økt lokal overføringsevne, selv om generator er < 25 MVA. Når dempetilsats er installert gjelder krav gitt i FIKS kapittel 8 om prøving av slikt utstyr.

I etterfølgende underavsnitt beskrives krav som kan være relevante i prøverapport for spenningsregulering. Påkrevet omfang av prøver er avhengig av gjennomført tiltak iht. tabell 2-2 i kapittel 2.

4.2. Krav til blokkskjema og parametrisering

Krav	<p>Prøverapport skal inneholde blokkskjema/overføringsfunksjon for elektrisk/mekanisk system, gi forklaring på de ulike parameterne i blokkskjemaet/overføringsfunksjonen og angi alle parameterverdier.</p> <p>eller</p> <p>Hvis leverandøren tidligere har rapportert inn reguleringsteknisk blokkskjema/overføringsfunksjon for elektrisk/mekanisk system, gitt forklaring av de ulike parameterne i blokkskjemaet/overføringsfunksjonen og angitt generelle parameterverdier, er det tilstrekkelig at kun de for aggregatet unike parameterverdiene innrapporteres.</p> <p><i>Dokumentasjon av blokkskjema/overføringsfunksjon bør om mulig være iht. IEEE 421.5-2005 (egen modell samt disse parameterne konverteres til noen av modellene i standarden).</i></p>
Formål med krav	Modellering av aggregatet i PSS/E og Aristo samt verifisering av aggregatet i simuleringsverktøy skal muliggjøres.

4.3. Krav til stegresponstest for spenningsregulator i tomgang

Krav	Prøverapport skal inneholde redegjørelse om måling av respons ved 5 % spenningsprang opp og 5 % ned (95 % → 100 % → 95 %) i spenningsregulatorens bør-verdi. Er- og bør-verdier for spenningen skal dokumenteres i målekurver. <i>Hvis 5 % spenningsendring medfører hard metning kan mindre sprang aksepteres (ned til 1-2 %).</i>
Aksept-kriterium	<u>Ved statisk magnetiseringssystem:</u> Tid til 90 % spenningsendring målt over generatorklemmene skal være < 0,5 s. Spenningen over generatorklemmene skal være ikke <u>oscillerende</u> etter spenningsendringen. Oversving skal være mindre enn 15 % av endringen. <u>Ved feltmaskin eller børsteløst magnetiseringssystem:</u> Tid til 90 % spenningsendring målt over generatorklemmene skal være < 1,0 s. Forøvrig som ved statisk magnetiseringssystem.
Formål med krav	Det skal påvises at utreguleringstid og dynamiske egenskaper for spenningsreguleringen er tilfredsstillende.

4.4. Krav til test av utreguleringstid ved reaktivt avslag

Krav	Prøverapport skal inneholde redegjørelse om måling av spennings utreguleringstid ved avslag av maksimal reaktiv effekt. Er-verdier for spenning og reaktiv effekt ved avslag skal dokumenteres i målekurver.
Aksept-kriterium	<u>Ved statisk magnetiseringssystem:</u> Tid fra avslag av maksimal reaktiv effekt til spenningen igjen er innenfor $\pm 2,5$ % av innstilt verdi skal være < 1,0 s. <u>Ved feltmaskin eller børsteløst magnetiseringssystem:</u> Tid fra avslag av maksimal reaktiv effekt til spenningen igjen er innenfor $\pm 2,5$ % av innstilt verdi skal være < 2,0 s.
Formål med krav	Det skal påvises at utreguleringstid og dynamiske egenskaper for spenningsreguleringen er tilfredsstillende.

4.5. Krav til impulsresponstest for spenningsregulator i nettdrift

Krav	Prøverapport skal inneholde redegjørelse om måling av respons i aktiv effekt når en impuls av størrelse 5 % i 200 ms påtrykkes inngangen for spenningsregulatoren ved 75 % generatorlast (impuls i spenningsregulatorens bør-verdi). Bør-verdi for spenningen og er-verdi for aktiv effekt skal dokumenteres i målekurver.
Aksept-kriterium	At den forstyrrelse i aktiv effekt som oppstår grunnet spenningsimpulsen markert dempes.
Formål med krav	Følgende skal faststilles: <ul style="list-style-type: none"> • Maskinens egenfrekvens

	<ul style="list-style-type: none"> • At spenningsreguleringens dynamiske egenskaper er tilfredsstillende • At spenningsreguleringen har god virkning ved maskinens egenfrekvens
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.6. Krav til impulsresponsstest for spenningsregulator og dempetilsats i nettdrift

Krav	Prøverapport skal inneholde redegjørelse om måling av respons i aktiv effekt når en impuls av størrelse 5 % i 200 ms påtrykkes inngangen til spenningsregulatoren ved 75 % generatorlast (impuls i spenningsregulatorens bør-verdi). Bør-verdi for spenning og er-verdi for aktiv effekt skal dokumenteres i målekurver.
Aksept-kriterium	At den forstyrrelse i aktiv effekt som oppstår grunnet spenningsimpulsen markert dempes bedre enn ved prøve uten dempetilsats.
Formål med krav	Det skal faststilles at spenningsreguleringen (inkl. dempetilsats) har: <ul style="list-style-type: none"> • Tilfredsstillende dynamiske egenskaper • God virkning ved maskinens egenfrekvens.