

 Troms Kraft Nett AS			
Postadresse: Evjenvn 34 9291 TROMSØ		Forstudie. Nettundersøkelse i forbindelse med tilknytning av Simavika Kraftverk i Tromsø kommune.	
Besøksadresse: Evjenvn 34		Kartreferanse: NGO1948 Gauss-K. Akse 6 N: Ø:	
Telefon: 77 60 11 00 Telefaks: 77 60 13 66		HENDELSE DATO:	DOKUMENTANSVARLIG: Stein W. Bergli Arkiv: 462
Internet: www.tromskraft.no			
FASIT-Rapportnr:	Antall sider:	UTFØRT AV (navn/dato): Stein W. Bergli	SISTE REVISJON (navn/dato): Stein W. Bergli 11.12.2008
Avd: Nett	Versjon: Foreløpig	GODKJENT (navn/dato):	Dokumentet er elektronisk lagret som Nettundersøkelse_Simavika Kraftverk_Tromsø kommune_ Tromsø Kommune

INNHALDSFORTEGNELSE**SIDE**

1	INNLEDNING	3
2	DAGENS 22KV DISTRIBUTJONSNETT	4
3	BEREGNINGER AV NETT, UTEN GENERATOR.....	5
3.1	BELASTNING PÅ 22KV STASJONSAVGANG I TRAFOSTASJONENE (UTEN GENERATOR).....	5
3.2	BELASTNING OG NETTAP PÅ BERØRT NETT (UTEN GENERATOR)	5
3.3	KORTSLUTNINGSYTELSE OG KORTSLUTNINGSSTRØM I TILKOBLINGSPUNKTET FOR GENERATOR.	5
3.4	SPENNINGSPROFIL UTEN GENERATOR	6
3.4.1	Avgang fra Trafostasjon.....	6
4	DATA FOR GENERATOR/UTVEKSLING	7
5	BEREGNINGER PÅ EKSISTERENDE NETT MED GENERATOR TILKNYTTET	7
5.1	AVGANG FRA TRAFOSTASJON TIL TILKNYTNINGSPUNKT FOR KRAFTVERK	7
5.2	BELASTNING PÅ 22KV STASJONSAVGANG FRA OVERLIGGENDE TRAFOSTASJON	10
5.3	BELASTNING OG NETTAP PÅ BERØRT NETT (MED GENERATOR).....	10
5.4	KORTSLUTNINGSYTELSE OG STRØM I TILKOBLINGSPUNKTET FOR GENERATORENE.	10
6	KRAV SOM MÅ SETTES FRA TROMS KRAFT NETT AS.....	11
6.1	TERMISK GRENSELAST	11
6.2	LANGSOMME SPENNINGSVARIASJONER	11
6.3	SPENNINGSSPRANG.....	12
6.4	FLIMMER	12
6.5	SPENNINGSDIPP VED START OG STOPPFORLØP AV GENERATORER	12
6.6	OVERHARMONISKE.....	13
7	KONKLUSJON	14
8	REFERANSER.....	14

1 INNLEDNING

Dette er rapport nr.1 etter at Tromsø Kommune har signalisert interesse for utbygging av Simavika Kraftverk ved Simavika (Tromsø kommune).

Ledig kapasitet i nettet skal regnes som veiledende og dedikeres i tilknytningskontrakt. Dersom annen part ønsker å gjøre nytte av kapasiteten før aktuelle kraftverk realiseres, vil dette medføre at kapasitet for innmating fra gjeldende kraftverk reduseres eller bortfaller.

Dette forstudiet ser på problematikken rundt tilknytning til distribusjonsnettet i området.

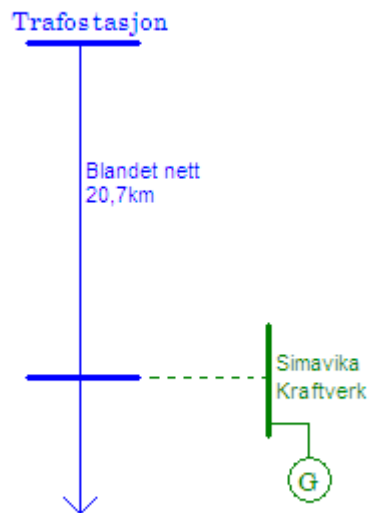
Til undersøkelsen legges aktuelt nett under Kvaløya Trafostasjon inn i NetBas-Maske. Analyser kjøres ut fra stasjonære forhold som berører Troms Kraft Netts distribusjonsnett.

Som bakgrunn for undersøkelsen benyttes rapporter listet opp i kapittel 8.

Den 1.1.2005 kom Norges vassdrags- og energidirektorat med en ny forskrift. "Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet" Denne forskriften skal bidra til å sikre en tilfredsstillende leveringskvalitet i det norske kraftsystemet. Denne forskriften erstatter tidligere gjeldende Europeanorm, EN50160.

2 DAGENS 22KV DISTRIBUTJONSNETT

I dag har Troms Kraft Nett AS en 22kV høyspentlinje som forsyner mot planlagte kraftverk.



Figur 1 Enlinjeskjema mellom trafostasjon og planlagt kraftverk

3 BEREGNINGER AV NETT, UTEN GENERATOR.

For å kunne utføre beregninger i nettet med generator driftsatt, er det nødvendig å finne tilstanden i eksisterende nett før driftsetting av eventuelle nye kraftverk.

Belastninger i beregningene er utført med bakgrunn i belastningsdata for 2007.

Simuleringene for dagens nett er i hovedsak spenningsberegninger og tap ved lastflytanalyser samt kortslutningsberegninger. Beregninger er statiske/stasjonære og tar ikke høyde for dynamiske påvirkninger driften av kraftverkene vil påføre nettet.

3.1 Belastning på 22kV stasjonsavgang i trafostasjonene (uten generator)

Tabell 1 Belastning på aktuelle radialer for tilknytning av kraftverkene

Stasjon	Tunglast [A]	Lettlast [A]
Kvaløya Trafostasjon	113	32

3.2 Belastning og nettap på berørt nett (uten generator)

Tabell 2 Last og tap i distribusjonsnett samt trafoer i trafostasjoner

Stasjon	Tunglast		Lettlast	
	Last (MVA)	Tap (MW)	Last (MVA)	Tap (MW)
Kvaløya Trafostasjon	24,455 + j 0,106	1,099	6,507 + j 0,256	0,239

3.3 Kortslutningsytelse og kortslutningsstrøm i tilkoblingspunktet for generator.

Tabell 3 Maksimal kortslutningsytelse S_k og 3-polt kortslutningsstrøm I_{eff} 3-polt i 22kV eksisterende nett¹

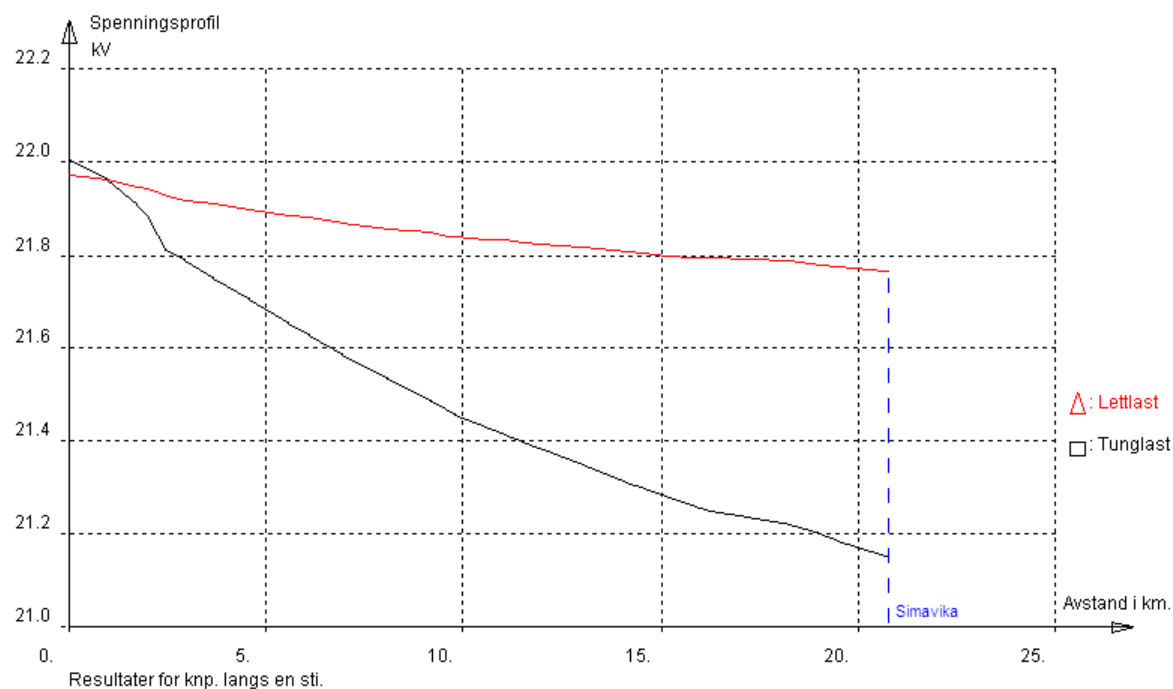
Tilknytningspunkt	Kortslutningsytelse [MVA]	I_{eff} 3-polt [kA]
Simavika Kraftverk	45,493	1,194

¹ Ytelsen vil variere etter hvordan bl.a. Statkraft SF og Troms Kraft Produksjon AS drifter generatorer tilknyttet regional og sentralnett.

3.4 Spenningsprofil uten generator

Spenningen på linjen ved hver av avgangene i trafostasjonen vil påvirkes av last og produksjon langs aktuell radial.

3.4.1 Avgang fra Trafostasjon



Figur 2 Spenningsprofil u/generator, lettlast/ tunglast på strekningen trafostasjon → Simavika

Tabell 4 Aktuell spenning ved tilknytningspunkt og ved utvalgte punkter i linjenettet

Sted	Tunglast [kV] ²	Lettlast [kV] ³	ΔU ⁴	Middelverdi [kV]
El-midtpunkt ⁵	21,313	21,843	$\pm 0,052$	21,578
Simavika Kraftverk	21,151	21,803	$\pm 0,026$	21,477

4 DATA FOR GENERATOR/UTVEKSLING

Fullstendige opplysninger/data for planlagte generatorer mangler.

Tabell 5 Tekniske data for kraftverkene

Sted	Antatt prod. [GWh]	Merkeeffekt [MW]
Simavika Kraftverk	5,5	1,4

Komplette elektriske data for generator mangler. Flimmerbidrag og overharmoniske blir ikke beregnet her, men må godkjennes av leverandør slik at de tilfredsstiller internasjonale krav.

Komplette tekniske/elektriske data for generator og andre elektriske anleggsdeler må oppgis og dokumenteres før en eventuell tilkobling til distribusjonsnettet kan finne sted.

5 BEREKNINGER PÅ EKSISTERENDE NETT MED GENERATOR TILKNYTTET

Lokal produksjon tilknyttet 22kV distribusjonsnett vil påvirke belastning av nettet, samt energi og effektutveksling mot regional og sentralnett. Lokal produksjon kan også være med på å avhjelpe hardt lastet linjenett, men under forutsetning av at produksjonen tilpasses kapasiteten til tilknyttet nett. Overproduksjon eller dårlig styring av produksjonen, kan i motsatt fall medføre negative virkninger på nærliggende nett og forårsake unødvendige ulemper for andre kunder tilknyttet nett under samme trafostasjon.

5.1 Avgang fra Trafostasjon til tilknytningspunkt for kraftverk

Tilknytning av generator ved Simavika skal ikke generere spenningsendring på mer enn $\pm 4\%$ av middelspanningen i 22kV nettet ved tilknytningspunktet. Generator skal heller ikke generere spenningsnivå utenfor normalområdet $\pm 4\%$ på svakeste punkt langs hele radialen eller andre radialer tilknyttet samme trafostasjon. Disse krav til spenningskvalitet gjelder inntil det av NVE fastsettes nye krav. Endrede krav fra NVEs side vil være skjerpene til driften av tilknyttet generatorer ved planlagte kraftverk.

² Laveste beregnet spenning i eksisterende nett

³ Høyeste beregnet spenning i eksisterende nett

⁴ Spenningsvariasjon over året fra middelverdi

⁵ Elektrisk midtpunkt mellom kraftverket og trafostasjon

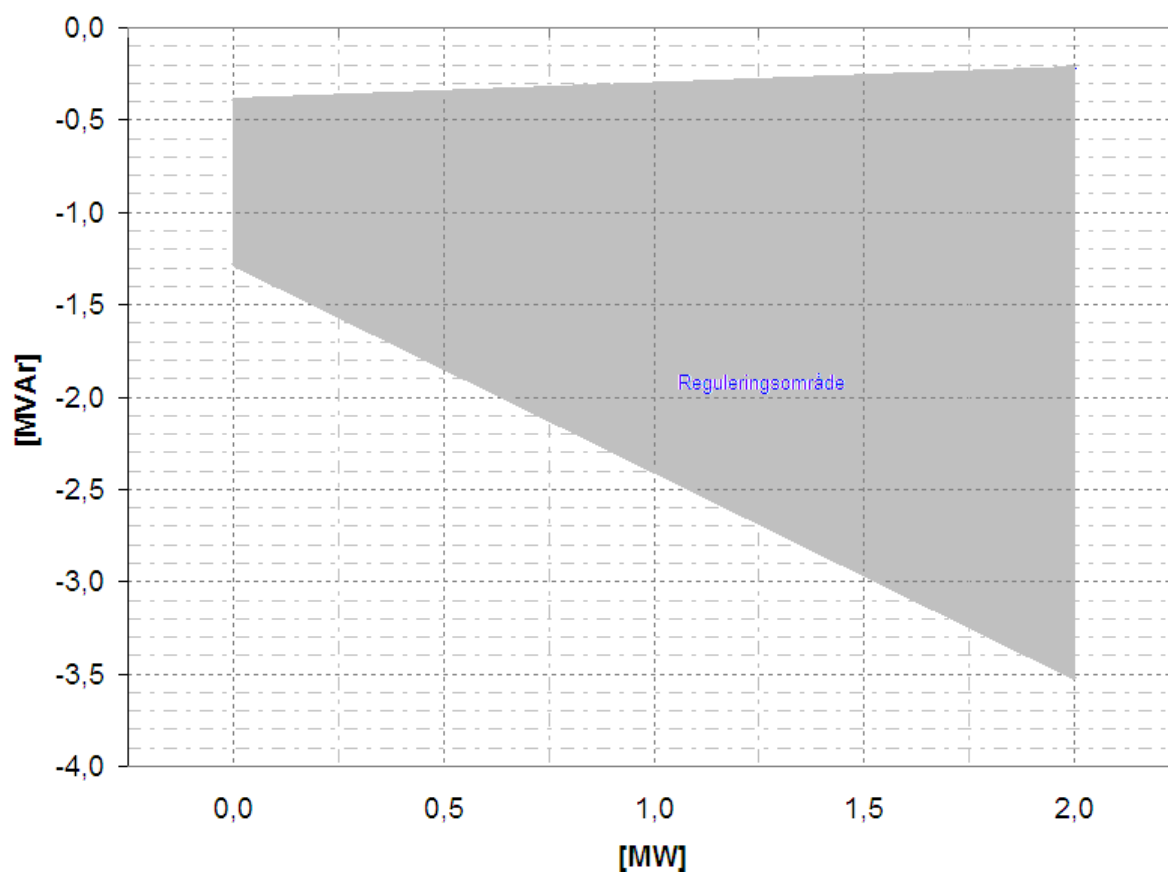
Tabell 6 Spenningsforhold ved tunglast/vinter på radialen ved drift av generator ved Simavika Kraftverk

Aktiv og reaktiv produksjon ved kraftverket [MVA]	Spenning [kV]		Spenningsendring [%]				Merknader
	Elektrisk midtpunkt	Simavika	Elektrisk midtpunkt	Simavika	Regulertrafo	Linjeende, Slettnes	
Eksisterende nett, middelvei	21,578	21,477	--	---	---	---	Referanse
0,0 + j 3,902	22,155	22,336	2,7	4,0	-100,0	-100,0	Reaktiv grense
0,5 + j 3,257	22,163	22,336	2,7	4,0	-100,0	-100,0	
1,0 + j 2,612	22,172	22,336	2,8	4,0	-100,0	-100,0	
1,5 + j 1,966	22,180	22,336	2,8	4,0	-100,0	-100,0	
2,0 + j 1,321	22,188	22,336	2,8	4,0	-100,0	-100,0	
0,0 - j 1,282	20,905	20,618	-3,1	-4,0	-100,0	-100,0	
0,5 - j 1,841	20,908	20,618	-3,1	-4,0	-100,0	-100,0	
1,0 - j 2,400	20,912	20,618	-3,1	-4,0	-100,0	-100,0	
1,5 - j 2,958	20,915	20,618	-3,1	-4,0	-100,0	-100,0	
2,0 - j 3,517	20,918	20,618	-3,1	-4,0	-100,0	-100,0	

Tabell 7 Spenningsforhold ved lettlast/sommer på radialen ved drift av generator ved Simavika Kraftverk

Aktiv og reaktiv produksjon ved kraftverket [MVA]	Spenning [kV]		Spenningsendring [%]				Merknader
	Elektrisk midtpunkt	Simavika	Elektrisk midtpunkt	Simavika	Regulertrafo	Linjeende, Slettnes	
Eksisterende nett, middelvei	21,578	21,477	--	---	---	---	Referanse
0,0 - j 0,389	22,408	22,336	3,8	4,0	-100,0	-100,0	Reaktiv grense
0,5 - j 0,346	22,358	22,336	3,6	4,0	-100,0	-100,0	
1,0 - j 0,303	22,308	22,336	3,4	4,0	-100,0	-100,0	
1,5 - j 0,260	22,258	22,336	3,2	4,0	-100,0	-100,0	
2,0 - j 0,217	22,208	22,336	2,9	4,0	-100,0	-100,0	
0,0 - j 3,420	20,983	20,618	-2,8	-4,0	-100,0	-100,0	
0,5 - j 3,871	20,977	20,618	-2,8	-4,0	-100,0	-100,0	
1,0 - j 4,323	20,972	20,618	-2,8	-4,0	-100,0	-100,0	
1,5 - j 4,774	20,966	20,618	-2,8	-4,0	-100,0	-100,0	
2,0 - j 5,225	20,960	20,618	-2,9	-4,0	-100,0	-100,0	

Tabell 6 og tabell 7 viser grenser for drift av generator (ved dagens lastforhold) ved Simavika Kraftverk ved innmating til distribusjonsnettet. I perioder med lett last driftes trafostasjonen med en enkelt trafo i drift. Drift av generator ved Simavika må derfor i lettlastperioder kunne driftes med effektfaktor tilsvarende 0,8 undermagnetisert.



Figur 3 Krav til reguleringsområde som funksjon av aktiv produksjon ved Simavika Kraftverk

Figur 3 viser reguleringsområde for reaktiv effekt som funksjon av aktiv produksjon. Avvik fra reguleringsområdet ved produksjonsanlegget kan medføre brudd på leveringsforskrifter og kan medføre overbelastning av distribusjonsnettet (*negative representerer undermagnetisert generator*).

5.2 Belastning på 22kV stasjonsavgang fra overliggende trafostasjon

Tabell 8 Belastning på aktuelle radialer for tilknytning av kraftverket

Stasjon	Kraftverk i drift	Produksjon Tunglast	Produksjon Lettlast	Tunglast	Lettlast
		[MVA]	[MVA]		
Kvaløya Trafostasjon	Simavika Kraftverk	1,4 – j 0,5	1,4 – j 0,5	81	14

5.3 Belastning og nettap på berørt nett (med generator)

Tabell 9 Last og tap i distribusjonsnett samt trafoer i trafostasjoner

Stasjon	Kraftverk i drift	Produksjon Tunglast	Produksjon Lettlast	Tunglast		Lettlast	
		[MVA]	[MVA]	Last	Tap	Last	Tap
				[MVA]	[MW]	[MVA]	[MW]
Kvaløya Trafostasjon	Simavika Kraftverk	1,4 – j 0,5	1,4 – j 0,5	23,069 + j 1,425	1,112	5,111 + j 0,717	0,243

5.4 Kortslutningsytelse og strøm i tilkoblingspunktet for generatorene.

I tillegg til kortslutningsytelse på overliggende nett, gir tilknyttede kraftverk i distribusjonsnettet bidrag til total kortslutningsytelse i nettet.

Bidrag til kortslutningsytelsen planlagt generator vil gi til samlet ytelse i nettet, er ikke mulig på dette tidspunkt å gjøre rede for. Dette må det eventuelt utføres beregninger på ved et senere tidspunkt når alle tekniske opplysninger er tilgjengelige.

6 KRAV SOM MÅ SETTES FRA TROMS KRAFT NETT AS

Troms Kraft Nett AS må i forbindelse med nett-tilkobling av generator sette krav til utbygger for fortsatt å tilfredsstille kravene om leveringskvalitet, slik at nettet ikke blir forurensset av de planlagte generatorene.

1.1.2005 kom en ny forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet som setter strenge krav til nettselskapet når det gjelder hvilken kvalitet det er på den spenning og strøm som leveres til kundene.

Nettet skal totalt sett drives innenfor "Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet" fastsatt av Norges vassdrags- og energidirektorat den 30. november 2003.

Det viktigste punktet er § 3-3, som sier at langsomme variasjoner i spenningens effektivverdi skal være innenfor +/- 10 % i leveringspunktet målt som gjennomsnitt over ett minutt.

I tillegg gjelder § 3-5 som beskriver spenningsprang som kan oppstå ved start og stopp av motorlast eller generatorlast.

De andre kravene som forskriften beskriver finnes nærmere beskrevet i forskriften. I tillegg forholder Troms Kraft Nett AS seg til EBL – Kompetanse sin utredning, EBL-K 17-2001 TR A5329 "retningslinjer for nettilkobling av vindkraftverk".

6.1 Termisk grenselast

Distribusjonsnettet på strekningen mellom Kvaløya Trafostasjon og planlagt kraftverk ved Simavika Kraftverk består av blandet nett. Termisk grenselast er 243A.

Eventuelle kostnader for nødvendig utskifting eller montering av nye anleggskomponenter i forbindelse med tilknytning av kraftverk vil belastes utbygger av kraftverket.

6.2 Langsomme spenningsvariasjoner

Generator skal ikke bidra med mer enn ± 4 % spenningsendring ved langsomme spenningsvariasjoner referert middelspenningen ved tilknytningspunktet.

6.3 Spenningssprang.

I den nye forskriften til leveringskvalitet er det satt krav til spenningssprang. Det tillates ikke større spenningsprang enn det som er beskrevet i forskriften § 3-5 for spenninger med nettilknytning over 1,0 kV.

6.4 Flimmer

Flimmer i levert spenning hos kundene må i henhold til "Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet" § 3-6 ikke overstige $P_{fl} = 1,0$. For å overholde dette kravet må hver installasjon tilkoblet nettet kun gi et begrenset flimmerbidrag. IEC 61000-3-7 [4] beskriver metoder for å fastsette maksimalt tillatt flimmerbidrag.

Det anbefales i EBL-K 17-2001 TR A5329 "Retningslinjer for tilkobling av vindkraftverk" [1] at beregning av flimmerbidraget kan unnlates hvis flimmerbidraget fra vindkraftverket er mindre enn $P_{fl} = 0,5$ for "long term" flimmer (2 timer) og $P_{st} = 0,7$ for "short term" flimmer (10 minutter).

Dette er et forholdstall slik at det må dokumenteres av produsent av generatoren, at generatoren vil holde seg innenfor dette kravet. Krav til flimmer gjelder for småkraftverk på lik linje med vindkraftverk.

6.5 Spenningsdipp ved start og stoppforløp av generatorer

Start og stopp av generator kan forårsak spenningsdipp, årsaken til dette er magnetiseringen av maskinen. Starten foregår normalt med en frekvensomformer.

For å unngå kritisk dipp anbefales det at tillatt negativ spenningsendring som følge av start begrenses til 4 % av nominell spenning (nominell spenning = 22kV).

Dette betyr at hvis spenningen i utgangspunktet er 10 % under nominell verdi hos en kunde, vil den ved start maksimalt redusere spenningen til $100 \% - 10 \% - 4 \% = 86 \%$ av nominell verdi eller 18,9 kV i startforløpet.

Anbefalte grenseverdier i EBL-K 17-2001 TR A5329 "Retningslinjer for tilkobling av vindkraftverk" ved start er 4 %. Grenseverdiene gjelder også for andre typer kraftverk.

6.6 Overharmoniske

De overharmoniske strømmene må begrenses slik at levert spenning hos kundene i nettet overholder grenseverdier for overharmoniske spenninger i henhold til "Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet". For å overholde dette kravet må hver installasjon tilkoblet nettet kun gi ett begrenset bidrag. IEC 61000-3-6 [3] beskriver metoder for å fastsette det maksimalt tillatte bidraget av overharmoniske strømmer fra hver enkelt installasjon.

Dette er først og fremst relevant for generatorer med frekvensomformer.

Forenklet kan man si at si at veiledende grenseverdier for overharmoniske strømmer i henhold til IEC 61800-3 [4] kan frekvensomformere tilkoblet et relativt svakt tilknytningsnett slik som dette, finnes på følgende måte.

Ved å benytte kortslutningsforholdet bedre enn (Kortslutningsytelse S_k over omformerytelse S_n) $S_k / S_n = 20$.

Dette resulterer i at de overharmoniske strømmene vil bli innenfor det som er beskrevet i de veiledende grenseverdenene.

Dette er et forholdstall slik at det må dokumenteres av produsent av generatoren, at generatoren vil holde seg innenfor dette kravet.

Veiledende grenseverdier for overharmoniske strømmer er ifølge EBL-K rapport

Orden	odde harmoniske I_h (% av I_n)	like harmoniske I_h (% av I_n)
$0 < h < 11$	4,0 %	1,0 %
$11 < h < 17$	2,0 %	0,5 %
$17 < h < 23$	1,5 %	0,4 %

Faktiske grenseverdier anbefales fastsatt ved bruk av metodene i IEC 61000-3-6 [3]

Total overharmonisk skal i henhold til § 3-8 i "Forskrift om leveringskvalitet" ikke være over 8 % som ti minutters middel, eller over 5 % som middel over en uke.

7 KONKLUSJON

- Startstrøm på generatoren må begrenses til å holde seg innenfor de tillatte 4 % i spenningsfall.
- Generatoren skal ikke bidra til mer enn $\pm 4\%$ spenningsendring ved langsomme spenningsvariasjoner referert middelspenning i tilknytningspunktet.
- Overharmoniske skal ligge innenfor grensen ved bruk av tommelfingerregel, men produsent må dokumentere bidraget i overharmoniske fra generatoren.
- Flimmerbidraget fra generator skal være mindre enn $P_{\text{long term}} = 0,5$ og $P_{\text{short term}} = 0,7$ hvis ikke må produsent dokumentere bidraget nærmere.
- Kompensering skal driftes synkront med generator.
- Produksjon ved Simavika Kraftverk tilsvarende 1,4MW er per i dag mulig å levere inn på eksisterende distribusjonsnett.
- Generator/kraftverk skal som hovedregel driftes undermagnetisert såfremt annet ikke er avtalt.
- Generator/kraftverk skal ha kapasitet til å kunne driftes med effektfaktor 0,8 undermagnetisert.
- Overmagnetisert drift av generator/kraftverk, skal ikke forekomme uten at dette er avklart med netteier.
- Enhver tid gjeldende forskrifter til spenningskvalitet skal følges. Forhold som medfører brudd på leveringskvaliteten og kan henføres til produksjonsenhet, vil medføre frakobling inntil forholdet er utbedret av kraftverkets eier.

8 REFERANSER

- [1] EBL-Kompetanse EBL-K 17-2001 TR A5329 "retningslinjer for nettilkobling av vindkraftverk"
- [2] EBL Standardavtale for nettleie og vilkår for nettilknytning herunder Europeanormen EN50160
- [3] IEC 61000-3-6 (1996) Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems
- [4] IEC 61000-3-7 (1996) Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power systems
- [5] "Forskrift om leveringskvalitetet i kraftsystemet" gjeldende fra 1.1.2005
- [6] TR A6343.01 Tekniske retningslinjer for tilknytning av produksjonsenheter, med maksimum aktiv effektproduksjon mindre enn 10 MW, til distribusjonsnettet. Rev.01 30.11.2006

Tromsø den 11.12.2008



Stein Werner Bergli
Kraftsystemutreder
Troms Kraft Nett AS