

Tekniske retningslinjer for tilknytning av plusskunder i lavspenningsnett

Håkon Tranøy

Master i energibruk og energiplanlegging

Innlevert: Juli 2012

Hovedveileder: Kjell Sand, ELKRAFT

Medveileder: Per Edvard Lund, Hafslund Nett AS

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for elkraftteknikk

Oppgavetekst

Bakgrunn/målsetting

Plusskunder er sluttbrukere av elektrisk energi som har en årsproduksjon som normalt ikke overstiger eget forbruk, men som i enkelte driftstimer har overskudd av kraft som kan mates inn i nettet. Produksjonsenheter hvor det kreves omsetningskonsesjon eller sluttbrukere med produksjon som også leverer elektrisk energi til andre sluttbrukere, er ikke omfattet av ordningen for plusskunder. NVE har gitt generelle retningslinjer for tilknytning av plusskunder som skal gjøre det enklere å realisere slike distribuerte produksjonskilder. I retningslinjene sies bl.a. at plusskunder må inngå en tilknytnings- og nettleieavtale med områdekonsesjonær, og områdekonsesjonæren kan sette nødvendige krav ved tilknytningen som sikrer at hans nettanlegg er i tråd med de krav som er fastsatt i de lover og forskrifter som områdekonsesjonæren er regulert gjennom. Det er dermed opp til områdekonsesjonæren å utforme nødvendige krav. Det finnes allerede plusskunder i det norske kraftsystemet, bl.a. hos Hafslund, men det hersker usikkerhet ved hvilke krav det er nødvendige å stille. Målsettingen med denne oppgaven er å belyse aktuelle tekniske forhold som er viktige og med basis i dette å komme med forslag til tekniske retningslinjer for tilknytning av plusskunder.

Arbeidspunkter i oppgaven

1. Gi en oversikt over hvilke tekniske forhold i nettet som påvirkes av plusskunder og hvilke data/parametre for installasjonen som er nødvendige for å kunne bedømme virkningen på nettet. Vis med enkle nettekvivalenter virkningen av plusskunder mht. reaktiv effekt, spenningsforhold, tap, belastningsforhold, bidrag til kortslutningsstrøm, relevante spenningskvalitetsparametre etc.
2. Gi en beskrivelse av aktuelle teknologier (solceller etc.) for distribuert produksjon hos plusskunder med typiske parametere samt koblingsskjema av nødvendig utstyr (fra inntakspunkt/overbelastningsvern, bryter/vern, sikringsskap og måler ned til selve «generatoren»).
3. Gjennomfør simuleringer av relevante forhold med/uten tilknytning av plusskunder i representative (sterke/svake) lavspenningsnett.
4. Lag et forslag til vurderingsprosess (arbeidsflyt) fra forespørsel om tilknytning til avsluttende teknisk godkjenning av tilknytningen. Forslaget skal i tillegg gi tekniske retningslinjer mht. informasjonsutveksling mellom områdekonsesjonær og plusskunde, tekniske krav, anbefalinger om når ulike analyser/simuleringer må gjennomføres (f.eks. "når forholdet mellom produksjonskapasitet og kortslutningsytelse overstiger x %, anbefales følgende...").

Forord

Denne masteroppgaven er utført ved Institutt for Elkraftteknikk på NTNU og avslutter mitt 2-årige "Energibruk og energiplanlegging"-masterstudium.

Takk til

- Veileder Kjell Sand, SINTEF Energi, for veiledning og viktige tips
- Biveileder Per Edvard Lund, Hafslund Nett AS, for veiledning
- Kjetil Uhlen, SINTEF Energi, for hjelp ved feilmeldinger og spørsmål angående lastflytsimuleringer i SIMPOW
- REN AS, for tilgang til deres småkraftabonnement
- Materstudent Siv Helene Nordahl, angående spørsmål og diskusjon om nettilknyttede solcelleanlegg
- Masterstudentene på lesesal F-325: Sigrid, Lars Martin, Sigbjørn, Terje, Magnus, Hanne, Odd Kristian og Martin for godt arbeidsmiljø og svar på spørsmål innenfor mange områder.
- Familie og venner for støtte og mye "lykke til med oppgaven".

Trondheim, 17. juli 2012

Håkon Tranøy

Sammendrag

Teori

I denne oppgaven er plusskunder sin påvirkning på ulike spenningsparametre i lavspenningsnettet forklart. Parametrene tar utgangspunkt i kravene stilt i "Forskrift om Leveringskvalitet i kraftsystemet". Videre er det redegjort for teorien for disse parametrene. For harmoniske spenninger og langvarige spenningsendringer er det i tillegg vist, med eksempler, hvordan beregninger av deres verdi gjøres.

Solcelleanlegg

Teknologien for et nettilknyttet solcelleanlegg blir beskrevet med virkemåte og oppkobling. Et eksempel på et fullstendig solcelleanlegg er vist, der alle komponentene i forslaget deretter forklart. Det er blitt fokusert på vekselretteren og hvordan valget av denne vil være viktig for i hvilken grad en plusskundes solcelleanlegg påvirker spenningsparametere i distribusjonsnettet.

Simuleringer

Det er blitt gjort lastflytsimuleringer i simuleringsprogrammet SIMPOW for produksjon fra ingen, en eller flere plusskunder i lavspenningsnettet. Det benyttes to ulike eksempelnett; et sterkt og et svakt nett. Det er blitt simulert for ulike lastforhold og plasseringer av plusskunden i distribusjonsnettet. Endringer i spenningsforhold er blitt studert og deretter kommentert. En plusskunde gir størst endring i spenningsverdiene i de ulike tilknytningspunktene til sluttbrukerene i nettet dersom han/hun er plassert ytterst i et svakt nett og har en lav effektfaktor.

Krav gitt plusskunder

Tre viktige dokumenter for plusskunder er nevnt. De er NVEs "Vedtak av 16. mars 2010", "FIKS" og "ENTSO-E Draft Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators". Forslag til krav som skal stilles en sluttbruker som ønsker å bli plusskunde og en grov oversikt over prosessen en sluttbruker med solcelleanlegg må gjennom for å bli en plusskunde er gitt. Det forklares at bidraget fra et solcelleanlegg til kortslutningsstrømmen kan forventes å være lik merkeverdien. Overstrømsvern kan derfor ikke benyttes, og vekselretteren må frakoble anlegget når den oppdager avbrudd i distribusjonsnettet. Det er forklart hvorfor harmoniske strømmer fra et solcelleanlegg kan være sterkt avhengig av graden av harmoniske spenninger i distribusjonsnettet med plusskunden frakoblet. Bruk av filtre vil forandre effektfaktoren til vekselretteren og vil kunne danne resonansekreter i nettet.

Oppgaven viser at plasseringen, valget av vekselretteren og samlet merkeeffekt for solcellepanelene vil gi det aktuelle nettselskapet innsikt til i hvilken grad tilknytningen av solcelleanlegget vil påvirke tekniske forhold i distribusjonsnettet. Størrelsen på merkeytelsen til solcelleanlegget i forhold til kortslutningsytelsen i det aktuelle tilknytningspunktet vil angi om lastflytberegninger skal gjøres.

Selv om en ny plusskunde alene ikke skal trenge å føre til betydelige nettanalyser, er det viktig å tenke fremtidsrettet for å være forberedt på konsekvensene et økende antall plusskunder i lavspenningsnettet vil kunne ha. Kravene det aktuelle nettselskapet stiller til plusskundene burde være like for to plusskunder med like parametre. Nettselskapet må også kunne utnytte det store spillerommet ordningen til NVE tillater av tilpassede krav i særskilte saker.

Abstract

Theory

In this thesis the consumers' impact on different voltage parameters in the low voltage network are explained. The parameters are based on the requirements of power quality set in the "Forskrift om Leveringskvalitet i kraftsystemet". The theory of these parameters is then explained. For the harmonic voltages and long-term voltage changes it is shown, with examples, how the calculations of their values can be done.

Photovoltaic system

The technology for a grid-connected photovoltaic (PV) system is described, with the operation and configuration of it explained. A suggestion of a complete photovoltaic system is given. All of the components in the proposed solution are then explained. The focus has been on the inverter regarding how the choice of an inverter is important for determining to what degree a consumer with a PV system will influence the power quality of the of the relevant distribution network.

Simulations

Powerflow-simulations in a simulation-program called SIMPOW were done. The simulations were for different scenarios, with a range from no production to one or more consumers in the low voltage network. There are two different such networks studied; a strong and a weak network. It has been simulated for different load situations and locations of the consumers. The changes in voltages has been studied and then commented. Consumers results in the greatest change in the value of the voltages at the various points of connection in the network if he is located far away from the transformer, in a weak network and have a low power factor.

Requirements given consumers

Three important documents for consumers in Norway are mentioned. They are NVE's "Vedtak av 16 mars 2010", "FIKS" and "ENTSO-E Draft Requirements for Grid Connection Applicable to all generators". Proposed requirements to an end user who wants to become a consumer with a photovoltaic system, and a rough overview of the process he has to go through, is given. It is explained that the contribution of a PV-system to the short-circuit current can be expected to be equal to the rated value. Overcurrent protection cannot be used, and the inverter must disconnect the PV-system when it detects islanding operation. The harmonic currents from a PV-system can be strongly dependent on the degree of harmonic voltages in the distribution with the PV-system disconnected. Use of filters will change the power factor of the inverter and may form a resonant circuit in the network.

The thesis shows that the location, the choice of the inverter and the total rated power of the solar panels will provide the appropriate insight for the DSO regarding if the PV-system will affect the power quality in the LV-network. The size of the rated performance of the solar system in relation to short-circuit performance of the current access point set of load flow calculations to be made.

Although a new plus customer alone not necessarily is going to need to lead to significant network analysis, it is important to be prepared for the consequences of an increasing number of consumers in the LV-network.

Innhold

Figurliste	4
Tabell-liste:	5
1 Begreper/definisjoner	6
1.1 Plusskunde.....	6
1.2 4-kvadrantsmåler	6
1.3 Anleggsbidrag.....	7
1.4 Avbrudd	7
1.5 Balanseansvarlig.....	7
1.6 'Crest value' eller 'peak value'	7
1.7 DG-enhet	7
1.8 Dispensasjon.....	7
1.9 Effektfaktor ($\cos \phi$)	7
1.10 EMC	8
1.11 EMI.....	8
1.12 Innmatingskunde(n)	8
1.13 Kraftleverandør	8
1.14 Limited Frequency Sensitive Mode – Overfrequency	8
1.15 Næringskunde	8
1.16 Områdekonsesjon	8
1.17 Omsetningskonsesjon	8
1.18 Overskuddsproduksjon.....	9
1.19 Produksjonsrelaterte nettanlegg.....	9
1.20 Regulerkraft.....	9
1.21 Sluttbruker.....	9
1.22 Småkraftverk	9
1.23 Standard test conditions (STC)	9
1.24 Streng (av solcellepanel)	9
1.25 TFSP	9
1.26 Tilknytningspunkt	10
1.27 Øydrift.....	10
2 Forkortelser	11
3 Tekniske forhold i nettet som påvirkes av plusskunder	12
3.1 Sterke og svake nett	12
3.2 Spenningsfall og langvarige spenningsvariasjoner.....	12
3.2.1 Definisjon.....	12
3.2.2 Teori.....	13
3.2.3 Plusskundes påvirkning	15
3.2.4 Kravet i FoL	16
3.3 Effekttap	16
3.3.1 Definisjon.....	16
3.3.2 Teori.....	17
3.3.3 Plusskundes påvirkning	17
3.3.4 Krav i FoL	17
3.4 Flimmer og flimmerintensitet	18

3.4.1	Definisjoner	18
3.4.2	Teori.....	18
3.4.3	Plusskundes påvirkning	18
3.4.4	Krav FoL	18
3.5	Kortvarige over-/underspenninger og spenningsprang.....	19
3.5.1	Definisjon.....	19
3.5.2	Teori.....	19
3.5.3	Plusskundes påvirkning	19
3.5.4	Krav i FoL	19
3.6	Inter- og overharmoniske spenninger og svak/sterke nett.....	20
3.6.1	Definisjon.....	20
3.6.2	Teori.....	20
3.6.3	Plusskunders påvirkning	22
3.6.4	Krav i FoL.....	22
3.7	Spenningsusymmetri.....	24
3.7.1	Definisjon.....	24
3.7.2	Teori.....	24
3.7.3	Plusskundes påvirkning	24
3.7.4	Krav i FoL	24
4	Aktuelle teknologier	25
4.1	Solcelleanlegg.....	25
4.1.1	Hvordan fungerer teknologien?	25
4.1.2	Koblings skjema	26
4.1.3	Komponenter.....	26
4.1.4	Solcellepanel.....	29
4.1.5	(Sammen)koblingsboks ved solcellepanel.....	29
4.1.6	Virkningsgrader	38
5	Simuleringer	40
5.1	Sterkt nett.....	41
5.1.1	Beskrivelse sterkt nett.....	41
5.1.2	Kommentarer angående utførelsen av simulering	41
5.1.3	Simuleringsresultater med kommentarer	41
5.2	Svakt nett.....	44
5.2.1	Beskrivelse av det svake nettet	44
5.2.2	Kommentarer angående utførelsen av simulering	44
5.2.3	Simuleringsresultater med kommentarer	45
5.3	Delkonklusjon	47
6	Viktige dokumenter for plusskunder.....	49
6.1	Vedtak av 16. mars 2010	49
6.2	ENTSO-E Draft Network Code for Requirements for Grid Connection applicable to all Generators.....	50
6.2.1	Generelt.....	50
6.2.2	Delkonklusjon	52
6.3	Funksjonskrav i kraftsystemet (FIKS).....	52
7	Tekniske retningslinjer	54

7.1	Valg/innstilling av vekselretter	54
7.1.1	Harmoniske strømmer	54
7.1.2	Innstilling av vern og øydrift.....	57
7.1.3	Spenningsusymmetri.....	60
8	Arbeidsflyt med kommentarer	62
8.1	Informasjon og tips på nettselskapets internettsider	62
8.2	Sluttbrukere tar kontakt med nettselskap for forespørsel om tilknytning som plusskunder .	62
8.3	Informasjonsutveksling	62
8.4	Bearbeiding av informasjonen	63
8.4.1	Spenning.....	63
8.4.2	Harmonisk.....	63
8.4.3	Kortslutningsstrøm	63
8.5	Krav.....	63
8.6	Drift og oppfølging.....	64
8.7	Endringer	65
9	Konklusjon	66
10	Videre arbeid	68
11	Kilder.....	69
12	Vedlegg.....	72

Figurliste

Figur 1.1: Fire kvadranter [3].....	6
Figur 3.1: Forenklet skjema for tenkt kabel	13
Figur 3.2: Spenningsfall øker lineært med strøm	14
Figur 3.3: Viserdiagram for spenningsfall ved induktiv last	14
Figur 3.4: Fasekompensering vha kondensator [29]	16
Figur 3.5: Effekttap eksponentielt avhengig av strømstørrelsen	17
Figur 3.6: Parallellresonans og serieresonans	22
Figur 4.1: Forslag til oppkobling av et solcelleanlegg, enlinjeskjema.....	26
Figur 4.2: U-I-karakteristikk og P-U-karakteristikk (den "spisse" grafen) for en solcelle [37].....	27
Figur 4.3:Fyllfaktor for en solcelle	28
Figur 4.4: Kombinasjon av serie- og parallellkobling av solcellepanel (2 strenger)	29
Figur 4.5: Lyttetthet i Norge [39].....	30
Figur 4.6: Virkningsgradskurve, Y-akse: virkningsgrad i %, x-akse: % -verdi av effektverdi/merkeeffekt [40]	33
Figur 4.7: Nettkontrollert vekselretter (venstre)og selvkommuterende vekselretter (høyre) [41].....	34
Figur 4.8: Ulike omformer systemkonsepter [42]	36
Figur 5.1: Sterkt nett.....	41
Figur 5.2: Svakt nett.....	44
Figur 5.3: Spenningsfall i det svake nettet med kun en sluttbruker på bus 11	47
Figur 5.4: Spenningsfall i det svake nettet med en sluttbruker på bus 11 og en plusskunde med overskuddsproduksjon på bus 7.....	48
Figur 6.1 Statikk-karakteristikk [48]	52
Figur 7.1: Effektfaktor for en 11 kW vekselretter med tyristorbro og filter for 5.harmoniske [55]	55
Figur 7.2: Utgangsstrøm for en 10kW enfaset vekselretter ved ulike harmoniske spenninger i nettet[56]	56
Figur 7.3 Kortslutningsstrøm i MV nettverk og tilsvarende ekvivalent enfase Thévenin krets[59].....	57
Figur 7.4: Teori for unødvendig/sympatisk utkobling	58
Figur 7.5: Eksempel på kurveformen til en kortslutningsstrøm fra en synkrongenerator[60]	59
Figur 7.6: Enlinjeskjema for generator tilknyttet felles distribusjonsnett med mulighet for lokal øydriфт[61].....	60
Figur 12.1: Eksempelnett for harmoniske beregninger	76
Figur 12.2: Ekvivalentkrets for den n. harmoniske strømmen	77
Figur 12.3: Pi-modell for linje/kabel.....	79
Figur 12.4: Utdrag fra datablad for Fornius IG vekselrettere for solcelleanlegg [66]	83
Figur 12.5: Utdrag fra datablad for Fornius IG plus vekselrettere for solcelleanlegg [67].....	84
Figur 12.6: "Illustrasjon av hovedoppgaver og informasjonsflyt fra første spørsmål om mulighet for tilknytning til endelig drift av en ny produksjonsenhet i distribusjonsnettet" [10].....	125

Tabell-liste:

Tabell 4.1: Typisk oppgitte parametre for en solcelle/solcellepanel [22]	27
Tabell 4.2: Krav til kabler fra solcellepanel til sammenkoblingsboks.....	31
Tabell 4.3: Fordeler og ulemper for å velge vekselretter med eller uten transformator [22]	35
Tabell 4.4: Virkningsgrad totalt for solcelleanlegg ved STC [44]	39
Tabell 5.1: Oversikt antall scenarier og antall simuleringer	40
Tabell 5.2: Oversikt over lavlast-scenarier for det sterke nettet	42
Tabell 5.3 Oversikt over høylast-scenarier for det sterke nettet	43
Tabell 5.4: Oversikt over lavlast-scenarier for det svake nettet	45
Tabell 5.5 Oversikt over høylast-scenarier for det svake nettet	46
Tabell 6.1 Minste tidsperiode genererende enhet type A skal kunne fortsette driften, for ulike frekvenser (kun utdrag av utkastets tabell) [48].....	51
Tabell 7.1: Effektfaktor for ulike ytelser for et solcelleanlegg[58]	56
Tabell 8.1: "Aktuelle lasttilfeller for lastflytberegninger" [10].....	63
Tabell 12.1 Impedanser i det sterke nettet.....	72
Tabell 12.2 Kortslutningsstrømmer og kortslutningsytelser i det svake nettet.....	72
Tabell 12.3 Impedanser i det svake nettet	72
Tabell 12.4 Kortslutningsstrømmer og kortslutningsytelser i det svake nettet.....	73
Tabell 12.5 Verdier for impedans i trafo og linje bus 2-3.....	79
Tabell 12.6 Verdier for impedans for linje bus 3-4 og linje bus 4-5	80
Tabell 12.7 Utregning av ekvivalent impedans tom. bus2 og tom. bus 3	80
Tabell 12.8 Utregning av ekvivalent impedans tom. bus4 og tom. bus 5	80
Tabell 12.9: U_{11} på bus 5 for I_{11} på 10A	81
Tabell 12.10 Harmoniske for en solcellepanel(PV)-effekt på 400W [57]	122
Tabell 12.11 Harmoniske for en PV effekt på 1000W [57].....	123
Tabell 12.12 Harmoniske for en PV-effekt på 1680W og 1880W [57]	124
Tabell 12.13: S/Sk i det sterke nettet	126
Tabell 12.14: S/Sk for det svake nettet	126

1 Begreper/definisjoner

Forklaring av begreper og definisjoner er listet opp alfabetisk, med unntak av punkt 1.1 Plusskunde.

1.1 Plusskunde

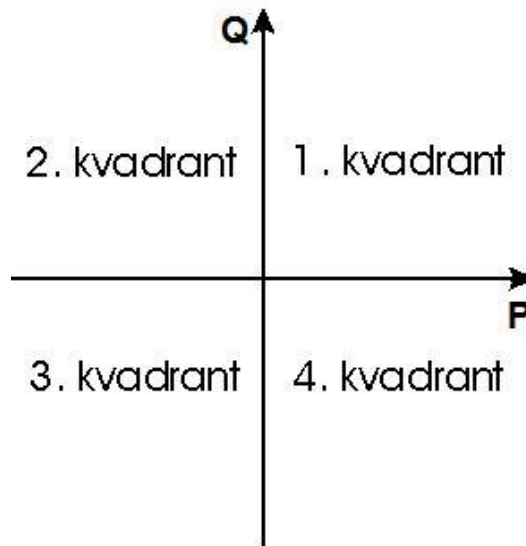
En plusskunde er en sluttbruker av elektrisk energi tilknyttet kraftnettet med mulighet til å produsere egen elektrisk energi. Til tider produserer plusskunden mer elektriske energi enn han bruker og selger denne "overskuddskraften" til netteieren. Å være selger av elektrisk energi er en ny rolle for en sluttbruker og vil føre til nye lover eller tilpasning av lover og retningslinjer for tilkobling av en slik kunde. Siden energien kan flyte begge veier trengs bl.a. en ny type måler, kalt en 4-kvadrantsmåler, som kan måle nettopp mengde elektrisk energi til og fra sluttbrukeren. [1]

NVE definerer en plusskunde slik:

"Sluttbruker av elektrisk energi som har en årsproduksjon som normalt ikke overstiger eget forbruk, men som i enkelte driftstimer har overskudd av kraft som kan mates inn i nettet. Produksjonsenheter hvor det kreves omsetningskonsesjon eller sluttbrukere med produksjon som også leverer elektrisk energi til andre sluttbrukere, er ikke omfattet av ordningen for plusskunder." [2]

1.2 4-kvadrantsmåler

Både aktiv og reaktiv effekt kan ha positive eller negative verdier og kan kombineres på fire måter slik Figur 1.1 viser. For å måle alle de fire kombinasjonsmulighetene trengs en 4-kvadrantsmåler. Den vil erstatte den gamle typen energimåler som vanligvis bare kan måle positiv aktiv effekt over tid.



Figur 1.1: Fire kvadranter [3]

AMS vil være 4-kvadrantsmålere iht. "Forskrift om endring i forskrift om måling, avregning og samordnet opptreden ved kraftomsetning og fakturering av netttjenester" § 4-2 h) [4]. Denne utskiftningen vil som nevnt i § 4-7 uansett skje innen 2017: "Nettselskap skal innen 1. januar 2017 ha installert AMS i alle målepunkt i sitt konsesjonsområde" [5] (OBS: § 4-1: "Norges vassdrags- og energidirektorat kan dispensere fra nettselskapenes plikt til å installere AMS i særlige tilfeller"). "Generelt vil de kostnadene nettselskapene har knyttet til innføring av AMS bli belastet sluttbruker gjennom fremtidig økt nettleie." [6]

1.3 Anleggsbidrag

"Et anleggsbidrag er et beregnet investeringstilskudd ved nettilknytning av nye kunder eller ved forsterkning av nettet til eksisterende kunder. Anleggsbidraget er et kontantvederlag som er beregnet for å dekke de anleggskostnadene som følger av nye nettilknytninger og forsterkninger." [7]

1.4 Avbrudd

"§ 1-4 ... Avbrudd: Tilstand karakterisert ved uteblitt levering av elektrisk energi til en eller flere sluttbrukere, hvor forsyningsspenningen er under 1 % av avtalt spenningsnivå. Avbruddene klassifiseres i langvarige avbrudd (>3 min) og kortvarige avbrudd (≤ 3 min). ..." [8]

1.5 Balanseansvarlig

" § 1-3: ... Balanseansvarlig: omsetningskonsesjonær som avregnes for regulerkraft i nettselskapets kraftnett. Balanseansvarlig er også sluttbrukere og nettselskaper som er ansvarlig i regulerkraftmarkedet. ..." [5]

1.6 'Crest value' eller 'peak value'

"Den maksimale øyeblikksverdien for en varierende strøm, spenning, eller effekt i løpet av tidsperioden som blir betraktet. Også kjent som 'crest value'. " [9]

1.7 DG-enhet

"Med en DG-enhet (DG= Distributed Generation) foreslås alt utstyr som kobles til/fra distribusjonsnettet ved hjelp av en og samme effektbryter (eller tilsvarende). DG-enheten omfatter generator(er) og ev. transformatorer med tilhørende apparat- og kontrollanlegg og nettsystemer. Dersom DG-enheten omfatter flere generatorer, er enhetens maksimale aktiv effektproduksjon lik summen av det alle generatorene kan levere samtidig." [10]

"Alt utstyr/installasjoner som ligger på innmatingskundens side av tilknytningspunktet. DG-enheten omfatter blant annet turbin(er), generator(er) og evt. transformator(er) med tilhørende apparat- og kontrollanlegg samt nettsystemer. " [11]

1.8 Dispensasjon

"... fritaking for en forpliktelse, for bestemmelse i gjeldende lov el. bindende forskrifter" [12]

1.9 Effektfaktor (cos φ)

"Effektfaktoren er per definisjon lik: $\frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$ " [11]

"Aktiv elektrisk effekt (P) defineres positiv når DG-enheten leverer aktiv effekt til Tilknytningspunktet. Tilsvarende er reaktiv effekt (Q) positiv når DG-enheten leverer reaktiv effekt til Tilknytningspunktet." [11]

"Effektfaktoren blir lik cos φ, der φ er vinkelen mellom spenning og strøm." [11]

1.10 EMC

"... elektromagnetisk kompatibilitet – evnen til et anlegg eller system til å fungere tilfredsstillende i dets elektromagnetiske omgivelser uten å introdusere ikke-tolererbare elektromagnetiske forstyrrelser til noe annet i de omgivelsene" [13]

1.11 EMI

"... elektromagnetisk forstyrrelse - kvalitetstap i prestasjonen til et anlegg eller utstyr, overføringskanal eller system forårsaket av en elektromagnetisk forstyrrelse" [13]

1.12 Innmatingskunde(n)

"Fysisk eller juridisk enhet som eier DG-enhet som er Tilknyttet distribusjonsnettet i henhold til Avtaleforholdet." [11]

1.13 Kraftleverandør

"... omsetningskonsesjonær som selger elektrisk energi til sluttbruker. Kraftleverandør er også sluttbrukere som handler i organiserte markeder." [5]

1.14 Limited Frequency Sensitive Mode – Overfrequency

"En genererende enhets driftmodus som vil resultere i at avgitt aktiv effekt reduseres, som en respons til en endring av systemets frekvens over en bestemt verdi" [14]

1.15 Næringskunde

"Med næringskunder forstås nettkunder som ikke er å anse som forbrukere,

jf definisjonen av forbruker i § 1 i lov om forbrukerkjøp av 21. juni 2002 nr 34." [15]

"Med forbruker menes en fysisk person som ikke hovedsakelig handler som ledd i næringsvirksomhet." [16]

1.16 Områdekonsesjon

"Ein områdekonsesjon er eit løyve til å byggje og drive fordelingsnett med spenning opp til 22 kV innanfor eit geografisk avgrensa område." [17]

1.17 Omsetningskonsesjon

Konsesjon kan blant annet bety *"en særlig en tillatelse av offentlig myndighet som etter lovgivningen er nødvendig for å sette i verk et økonomisk tiltak."* [18]

I denne sammenheng handler ordet konsesjon om å ha tillatelse til å kunne stå for omsetning av elektrisk energi slik som beskrevet i Energiloven § 4-1. Omsetning definert i Merverdiavgiftsloven § 1-3: *"... omsetning: levering av varer og tjenester mot vederlag. ..."* [19] Vederlag er godtgjørelse.

1.18 Overskuddsproduksjon

Dersom en plusskunde produserer mer elektrisk energi enn han forbruker, vil det være et overskudd med elektrisk energi. For en ikke-plusskunde kan denne energimengden gå til lading av batteri eller annen form for lagring ved hjelp av elektrisk eller termisk lagring for etterfølgende bruk av denne opplagrede energien når en selv får bruk for den. En plusskunde vil kunne selge overskuddet av elektrisk energi til aktuell områdekonsesjonær, som er nettselskapet for området sluttbrukeren er i.

1.19 Produksjonsrelaterte nettanlegg

"Kraftledninger og andre nettanlegg der hovedfunksjonen er overføring av elektrisk kraft fra DG-enheten til Nettselskapets nett."[11]

1.20 Regulerkraft

"Avvik mellom antatt og virkelig tilgang og forbruk av kraft."[20]

1.21 Sluttbruker

"Kjøper av elektrisk energi som ikke selger denne videre." [8]

Denne definisjonen gjelder også for plusskunder siden de ikke har videresalg av elektrisk energi.

1.22 Småkraftverk

Småkraftverk er et kraftverk med en ytelse på 1 – 10 MW. [21]

1.23 Standard test conditions (STC)

"Testforhold for å kunne sammenligne ulike solcellepaneler opp imot hverandre. Disse forholdene er:

Solinnstråling på 1000W/m²

Celletemperatur på 25°C med en toleranse på ±2 %

Definert lysspektrum (etter gitt referanse i IEC60904-3) med en luftmasse på 1,5." [22]

1.24 Streng (av solcellepanel)

Begrep, fra engelske "string", som brukes i denne oppgaven for en gruppe av seriekoblede solcellepanel.

1.25 TFSP

Navnet gir informasjon om type kabel ved at hver bokstav står for et lag. I rekkefølgen sett fra utsiden og innover mot lederen: [23]

T betyr Tverrbundet polyetylen – PEX

F betyr Fyllkappe/ båndering

S betyr Konsentrisk leder

P betyr PVC

1.26 Tilknytningspunkt

"Tilknytningspunkt: Punkt i overføringsnettet der det foregår innmating eller uttak av kraft, eller utveksling mellom nettselskap." [8]

1.27 Øydrift

"Øydrift er en planlagt eller ikke-planlagt tilstand der en eller flere DG-enheter forsyner en del av Distribusjonsnettet som er isolert fra nettet forøvrig." [11]

I denne oppgaven brukes "lokal øydrift" om å være selvforsynt med elektrisk kraft når en er frakoblet nettet for øvrig.

2 Forkortelser

AMS -	Avanserte Målings- og Styringssystemer
DG -	Distributed Generation, se kapittel 1.7 "DG-enhet".
DSO -	Distribution System Operator (norsk: ansvarlig for drift av distribusjonsnettet)
CENELEC -	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique eller European Committee for Electrotechnical Standardization[24]
EMC -	ElectroMagnetic Compatibility – elektromagnetisk kompatibilitet [13]
EMI -	ElectroMagnetic Interference- elektromagnetisk forstyrrelse [13]
ENTSO-E -	European Network of Transmission System Operators for Electricity
FoL -	Forskrift om Leveringskvalitet i kraftsystemet
FoS -	Forskrift om Systemansvaret i kraftsystemet
FIKS -	Funksjonskrav I KraftSystemet, veileder skrevet av Statnett SF
HF	Høyfrekvens
LF	LavFrekvens
LFSM-O -	Limited Frequency Sensitive Mode – Overfrequency [14]
LV -	Low Voltage, øvre grense generelt godtatt til å være 1kV AC [13]
LFSM-O -	Limited Frequency Sensitive Mode – Overfrequency [14]
MV -	Medium Voltage, spenningsbånd med LV som nedre grense, altså 1kV. Øvre grense kan variere, men som oftest ved en spenning fom. 30 kV tom. 100 kV. [13]
NVE	Norges Vassdrags- og Energidirektorat [25]
MPP -	Maximum Power Point [22]
MPPT -	Maximum Power Point Tracker [22]
PBM -	Puls-Bredde-Modulasjon
REN AS -	Rasjonell Elektrisk Nettvirksomhet AS [26]
SELV -	Safety Extra-Low Voltage
TSO -	Transmission System Operator (ansvarlig for drift av sentralnettansvarlig)
VSC -	Voltage Source Converter

3 Tekniske forhold i nettet som påvirkes av plusskunder

Her blir det gitt en oversikt over hvilke tekniske forhold i nettet som påvirkes av en plusskunde, og hvilke data eller parametre for installasjonen som er nødvendige for å kunne bedømme virkningen på nettet. Det er i gjort med følgende oppsett for delkapitelene: Teknisk forhold, definisjon, teori, plusskundens påvirkning og evt. gjeldende krav i FoL. Dette gjelder ikke for delkapittel 3.1, som forklarer betydningen av sterke og svake nett.

3.1 Sterke og svake nett

Sterke nett har lav nettimpedans og svake nett har høy nettimpedans sett fra en sluttbrukers synspunkt, altså deres tilkoblingspunkt. En annen måte å forklare sterke nett på er at en har høy kortslutningsytelse i sluttbrukerens tilkoblingspunkt.

Effektivverdien av kortslutningsstrømmen i et punkt er gitt av Formel 3-1:

$$I_k = \frac{\hat{U}}{\sqrt{3} \cdot Z_{kg}} \quad \text{Formel 3-1}$$

Hvor

- U - basis fasespenning
- Z_{kg} - kortslutningsimpedans

Formel 3-2 under angir kortslutningsytelsen i et punkt i nettet:

$$S_k = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_k \quad \text{Formel 3-2}$$

Hvor

- U - basisspenning
- I_k - effektverdien av kortslutningsstrømmen

Som nevnt er stor kortslutningsytelse i et tilknytningspunkt positivt. Av Formel 3-1 og Formel 3-2 kan en se at kortslutningsytelsen kan økes ved å øke spenningen, som ved å benytte 400V som fasespenning, og/eller redusere nettimpedansen. Å redusere nettimpedansen kan gjøres ved å for eksempel øke kabelverrsnitt. Beregninger av kortslutningsytelser i ulike tilknytningspunkter i et tenkt sterkt og svakt nett er gitt i vedlegg A. Nettene er to eksempelnett brukt til simuleringer i kapittel 5.

3.2 Spenningsfall og langvarige spenningsvariasjoner

3.2.1 Definisjon

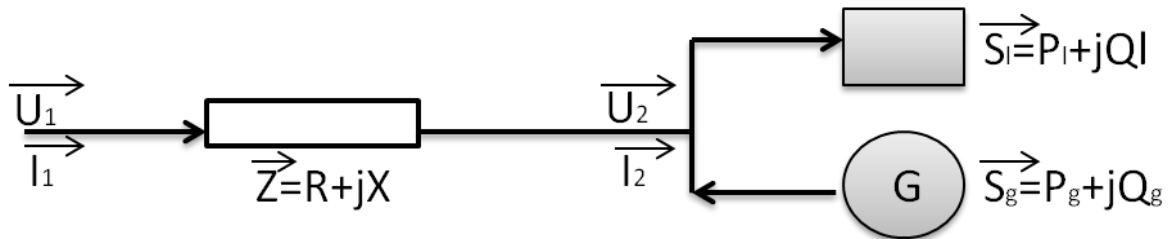
Spenningsfallet er differansen mellom spenningen på sendesiden (U₁ i Figur 3.1) i forhold til mottakersiden (U₂ i Figur 3.1). I denne oppgaven vil sendesiden være sekundærspenningen på MV/LV-transformatoren og mottakersiden være tilkoblingspunktet til en sluttbruker.

”Langsomme variasjoner i spenningens effektivverdi: Endringer i spenningens stasjonære effektivverdi, målt over et gitt tidsintervall.” [8]

3.2.2 Teori

Tapet i en tenkt kabel i Figur 3.1 skjer fordi kabelen er i seriekobling med lasten, og spenningen U_1 deler seg over impedansen til kabelen og lasten. Ideelt sett er det ingen impedans i kabelen og derfor ingen spenningsfall, slik at $U_1=U_2$. En stor impedansverdi for kabelen vil være uønsket siden det vil ligge en betydelig spenning over den.

I det tenkte eksempelet er det kun en sluttbruker med spenningen \vec{U}_2 og lasten \vec{S}_2 i enden av kabelen i Figur 3.1. I figuren er $\vec{S}_2 = \vec{S}_1 - \vec{S}_g$, $P_2 = P_1 - P_g$ og $Q_2 = Q_1 - Q_g$:



Figur 3.1: Forenklet skjema for tenkt kabel

Strømmen som går i kabelen kan finnes når lasten \vec{S}_2 og spenningen \vec{U}_2 er kjent. Det er vanlig å oppgi lasten med P_2 sammen med effekt faktoren/ $\cos \phi$ i stedet for absoluttverdien av S_2 med vinkel.

Strømmen \vec{I}_2 er gitt av Formel 3-3:

$$\vec{I}_2 = \left(\frac{P_2}{\vec{U}_2 \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \phi} \angle \phi \right)^* \quad \text{Formel 3-3}$$

Verdien til strømmen I_2 har stor innvirkning for spenningsfallet i kabelen som bevist av Formel 3-4:

$$\vec{U}_1 = \vec{U}_2 + \vec{Z} \cdot \vec{I}_2 = \vec{U}_2 + (R + jX) \cdot \vec{I}_2 \quad \text{Formel 3-4}$$

Hvor

\vec{Z} – linjens/kabelens impedans

R – den reelle delen av linjens/kabelens impedans

X – den imaginære delen av linjens/kabelens impedans

\vec{I}_2 - Belastningsstrøm/produisert strøm ved overskuddsproduksjon

En redusert verdi for strømstørrelsen gir et redusert spenningsfall i kabelen. Ved å redusere impedansen til kabelen vil også spenningsfallet bli mindre. Et svakt nett kan sies å ha en høy nettimpedans og vil derfor få store endringer i spenningsfallet ved små endringer i strømstørrelsen eller belastningen. Spenningsfallet over en kabel er gitt av Formel 3-5:

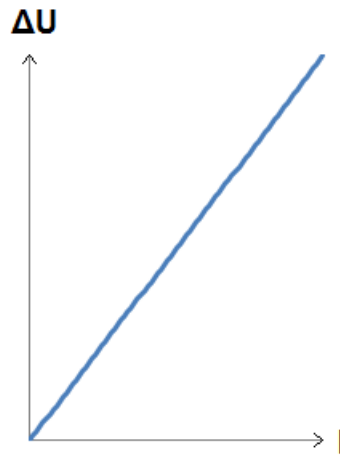
$$\Delta U = |U_1| - |U_2| \quad \text{Formel 3-5}$$

Hvor

U_1 - Spenning i punkt 1 i Figur 3.1

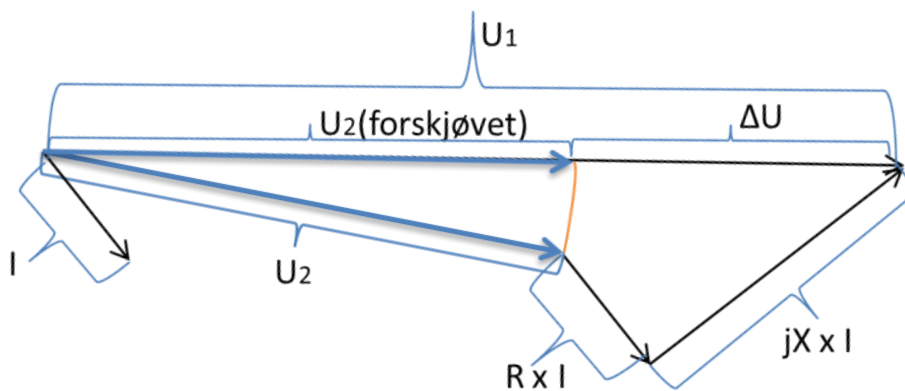
U_2 - Spenning i punkt 2 i Figur 3.1

Av Formel 3-4 kommer det frem at spenningsfallet øker lineært med økende strøm/last som illustrert i Figur 3.2:



Figur 3.2: Spenningsfall øker lineært med strøm

Spenningsfall kan også vises i viserdiagram, slik som i Figur 3.3, der U_1 er referansenode:



Figur 3.3: Viserdiagram for spenningsfall ved induktiv last

Legg merke til at dersom produksjonen er høyere enn forbruket i punkt 2, altså $S_L < S_g$, vil I_2 få en negativ verdi og Formel 3-4 vil da vise at U_2 blir større enn U_1 .

Her kommer et praktisk eksempel med enkle tall for å vise en spenningsfallsberegning, der \vec{U}_1 en stiv spenning på 230V med en vinkel på 0 grader:

Beskrivelse av de andre kjente verdiene:

Trefase: $U_1=230\text{V}$, $P_2=5\text{kW}$, $\cos \phi=0,9$, $R=0,2 \Omega$ og $X=1 \Omega$.

$$Q = P \cdot \tan \phi = \underline{2421,6\text{VAr}}$$

$$\vec{U}_2 = a + jb$$

Utleddning og fullstendig utregning av formlene for a og b brukt under, er vist i vedlegg B:

$$a = \frac{U_1 \pm \sqrt{U_1^2 - 4 \cdot [(R \cdot P) + (X \cdot Q) + \left(\frac{(R \cdot Q) - (X \cdot P)}{U_1}\right)^2]}}{2}$$

$$a = 115 \pm 97,0 \Rightarrow \underline{212,0} \quad \text{og} \quad 18,0 \text{ (ikke realistisk løsning)}$$

$$b = \frac{(R \cdot Q) - (X \cdot P)}{U_1} = \underline{-19,6}$$

$$|U_2| = \sqrt{a^2 + b^2} = \underline{212,9 \text{ Volt}}$$

$$\Delta U = |U_1| - |U_2| = 230 - 212,9 = \underline{17,1 \text{ Volt}}$$

Spenningsfallet i eksempelet er på ca. 17,1 Volt.

3.2.3 Plusskundes påvirkning

En plusskunde i punkt 2 i Figur 3.1 vil ved overskuddskraft mate strøm ut på nettet og bidra til høyere spenning i nettet. Ved overskuddsproduksjon vil I_2 i kabeleksempelet i Figur 3.1 ha en negativ verdi, og som det da kommer frem av Formel 3-4 vil U_2 være større enn U_1 .

Eksempelet med en tenkt kabel blir nå utvidet slik at det er to sluttbrukere, en vanlig og en plusskunde, på punkt 2 i Figur 3.1. Begge kan begrense sitt forbruk og derfor strømmen i kabelen. Plusskunden kan begrense sitt forbruk ved å produsere deler av sitt effektbehov selv, altså være selvforsynt slik at forbruket er likt med egen produksjon eller ha en overskuddsproduksjon.

Formel 3-5 kan omskrives til å fokusere direkte på belastningen i aktiv og reaktiv effekt, som vist under i Figur 3.5.

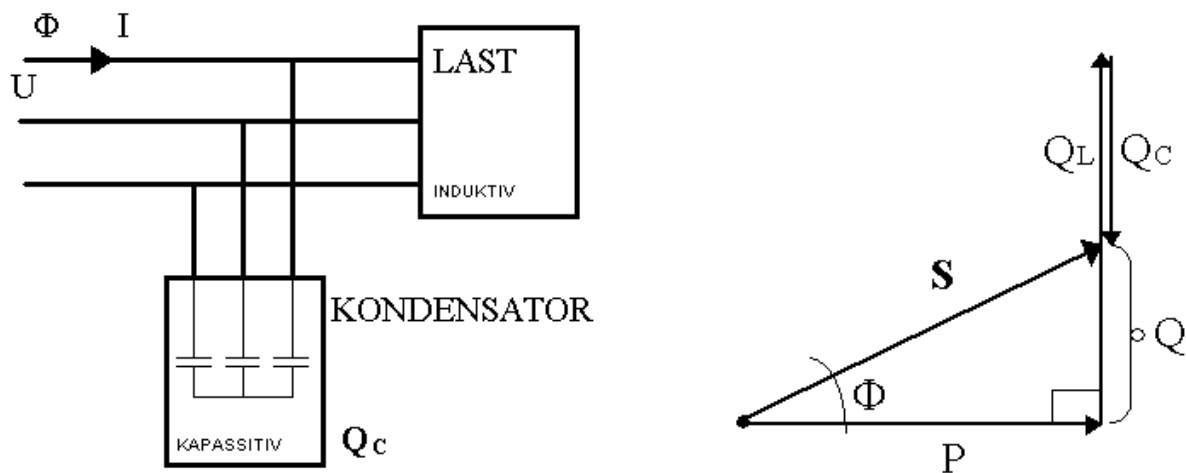
$$\Delta U = \frac{1}{U_2} \cdot (P_2 \cdot R + Q_2 \cdot X) \quad \text{Formel 3-6}$$

Hvor

- U_2 - Spenning i punkt 2 i Figur 3.1
- P_2 - Aktiv effekt til last i punkt 2 i Figur 3.1
- Q_2 - Reaktiv effekt til last i punkt 2 i Figur 3.1
- R - Resistansen til kabelen i Figur 3.1
- X - Reaktansen til kabelen i Figur 3.1

Økende P og Q gir et økende spenningsfall. Notér at plusskunden kan, ved å mate aktiv og/eller reaktiv effekt inn på nettet, redusere spenningsfallet til sitt eget og andres nærliggende tilkoblingspunkt. Det er fordi summen av lasten blir mindre sett fra U_1 (for eksempel sekundærsiden til en transformator).

En kan se i Figur 3.4 hvordan en kondensator vil fasekompensere for induktive laster, og slik redusere størrelsen til lasten, S_2 , i tilkoblingspunktet:



Figur 3.4: Fasekompensering vha kondensator [27]

Som oftest er det lite kapasitive laster hos sluttbrukere - som varmekabel, elektronikk eller batterilading, og mest induktive laster - som motorer eller lysarmatur. Produksjon av reaktiv effekt vil derfor ofte føre til lavere strøm i kabelen og dermed mindre nettap. [1]

Plusskunders innvirkning på spenning i forbindelse med sterke og svake nett vil bli behandlet nærmere i kapittel 5.3 "Delkonklusjon".

3.2.4 Kravet i FoL

"Forskrift om Leveringskvalitet i kraftsystemet" (FoL) oppstiller gjeldende krav for leveringskvalitet i kraftsystemet i Norge. Der er satt krav til flere spenningsparametre, deriblant at langvarige spenningsvariasjoner som skal være $U_N \pm 10\%$.

"§ 3-3. Langsomme variasjoner i spenningens effektivverdi

Nettselskap skal sørge for at langsomme variasjoner i spenningens effektivverdi, er innenfor et intervall på $\pm 10\%$ av nominell spenning, målt som gjennomsnitt over ett minutt, i tilknytningspunkt i lavspenningsnettet." [8]

3.3 Effekttap

3.3.1 Definisjon

"Effekttap eller koppertap er den effekten som utvikles til varme pga resistansen i en leder/kabel." [28]

3.3.2 Teori

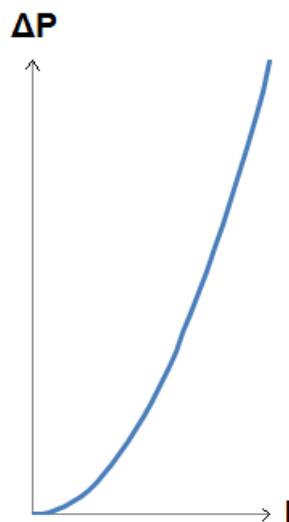
Effekttap er gitt av Formel 3-7. Verdiene blir her fremdeles sett i sammenheng med Figur 3.1:

$$P_i = R \cdot I_2^2 = R \cdot \left(\frac{P_2}{U_2 \cdot \cos \varphi} \right)^2 = \frac{R}{U_2^2} \cdot (P_2^2 + Q_2^2) \quad \text{Formel 3-7}$$

Hvor i Figur 3.1

- U_2 - Spenning i punkt 2
- P_2 - Aktiv effekt til last i punkt 2
- Q_2 - Reaktiv effekt til last i punkt 2
- R - Resistansen til kabelen
- I_2 - Belastningsstrøm/produisert strøm ved overskuddsproduksjon

Ved mindre strøm i kabelen ut til lasten vil effekttapet i kabelen reduseres. Det er lett å se at økende aktiv og/eller reaktiv effekt, både produksjon og forbruk, vil øke nettapet. I motsetning til spenningsfall, øker effekttapet eksponentialt. Under i Figur 3.5 (og i Figur 3.2) blir dette faktumet understreket:



Figur 3.5: Effekttap eksponentielt avhengig av strømstørrelsen

Tiltakene mot stort effekttap er de samme som mot høyt spenningsfall.

3.3.3 Plusskundes påvirkning

Plusskunden kan redusere effekttap på samme måte som for spenningsfall. Se kapittel 3.2.3.

3.3.4 Krav i FoL

Det er ingen krav til effekttap i FoL.

3.4 Flimmer og flimmerintensitet

3.4.1 Definisjoner

”Flimmer: Den synlige variasjon i lys hvor luminansen eller spektralfordelingen varierer med tiden.

Flimmerintensitet: Intensiteten av flimmerubehaget er definert ved UIE-IEC flimmermålemetode og beregnes ved de følgende størrelser:

- Korttids intensitet (P_{st}) målt over en periode på ti minutter
- Langtids intensitet (P_{lt}) beregnet ut fra 12 P_{st} -verdier over et to timers intervall, i henhold til følgende uttrykk:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}} \quad [8]$$

3.4.2 Teori

Flimmer er som definisjonen sier synlig variasjon i lys. Det kommer av små fluktuerende spenninger og/eller raske spenningsendringer. Om mennesker oppfatter variasjoner i lyset fra elektriske lyskilder avhenger sterkt av frekvensen til spenningsvariasjonene, der 5- 15Hz er frekvensene mennesker er mest sensitive for. Bidrag til flimmer kan skje ved veldig hurtige inn-/utkoblinger av en DG-enhet. Det kan også oppstå bidrag til flimmer ved veldig varierende produksjon.

3.4.3 Plusskundes påvirkning

Flimmer er forbundet med varierende produksjon og varierende mating. Det kan fra plusskunder komme av at produksjonsanlegget er i en driftssituasjon som fører til en spenning i tilknytningspunktet. Denne varierer rundt grenseverdien for spenning som fører til fra-/gjeninnkobling av DG-enheten. Varierende produksjon kan komme av varierende vind for vindturbinanlegg og varierende skyggelegging/andre værforhold for solcelleanlegg i solcelleanlegg.

3.4.4 Krav FoL

” § 3-6. Flimmerintensitet

Nettselskap skal sørge for at flimmerintensitet ikke overstiger følgende verdier i tilknytningspunkt med det respektive nominelle spenningsnivå, U_N [kV], for det respektive tidsintervall:

	$0,23 \leq U_N \leq 35$	$35 < U_N$	tidsintervall
Korttidsintensitet av flimmer, P_{st} [pu]	1,2	1,0	95% av uken
Langtidsintensitet av flimmer, P_{lt} [pu]	1,0	0,8	100% av tiden ” [8]

3.5 Kortvarige over-/underspenninger og spenningsprang

3.5.1 Definisjon

"Kortvarige overspenninger: Hurtig økning i spennings effektivverdi til høyere enn 110% av avtalt spenningsnivå, med varighet fra 10 millisekunder til 60 sekunder.

Kortvarige underspenninger, spenningsdipp: Hurtig reduksjon i spennings effektivverdi til under 90%, men større enn 1% av avtalt spenningsnivå, med varighet fra 10 millisekunder til 60 sekunder."
[8]

3.5.2 Teori

Årsaker til spenningsdipp/-sprang er kortslutninger i nettet eller innkobling og utkobling av store laster, som motorer. Automatisk gjeninnkobling ved en permanent kortslutning kan øke antallet spenningsdipp. Disse dippene og sprangene er spesielt merkbare i svake nett, og de kan skade utstyr eller føre til utkobling av utstyr som kan føre til store økonomiske tap. Spenningsprang kan også komme av lynnedslag.

3.5.3 Plusskundes påvirkning

Tidligere kunne en stor endring i belastning fra en sluttbruker kun være fra liten belastning til stor eller omvendt. Dette er et fenomen som er kjent for å kunne føre til spenningsprang. En plusskunde vil ha mulighet til å gå fra å ha stor produksjon til å være til stor belastning eller omvendt. Dette kan føre til større spenningsprang fra samme sluttbruker etter at han blir en plusskunde. En samtidig rask økning i belastning og utkobling av DG-enheten vil være uheldig. Det vil derfor være best om DG-enheten kunne "hjelp" nettet ved en lastøkning. Enda bedre er det å unngå store og hurtige lastpåslag som mykstarter for motorer. Stor lastavslag vil kunne skje ved gjeninnkobling av DG-enheten. En kortslutning på DG-enheten vil være som en stor lastøkning og vil gi et kortvarig fall i spenning. [29]

3.5.4 Krav i FoL

"Kortvarige over- og underspenninger

Norges vassdrags- og energidirektorat kan pålegge de som omfattes av denne forskriften, å gjennomføre tiltak for å redusere omfanget eller konsekvensene av kortvarige over- og underspenninger.

Nettselskap skal sørge for at de maksimale spenningsendringer ved kortvarige over- og underspenninger, i antall og størrelse ikke overstiger grenseverdier for maksimal spenningsendring satt i § 3-5. Unntak gitt i § 3-5 annet ledd gjelder også for kortvarige over- og underspenninger.

§ 3-5. Spenningsprang

Nettselskap skal sørge for at spenningsprang ikke overstiger følgende verdier i tilknytningspunkt med det respektive nominelle spenningsnivå, UN [kV], for den respektive hyppighet:

Spenningsstrang	Maksimalt antall tillatt pr. døgn	
	$0,23 \leq U_N \leq 35$	$35 < U_N$
$\Delta U_{\text{stasjonær}} \geq 3\%$	24	12
$\Delta U_{\text{maks}} \geq 5\%$	24	12

Spenningsstrang som skyldes jord- eller kortslutninger i nettet, innkobling av transformatorer, gjeninnkobling etter feil, samt nødvendige driftskoblinger for å opprettholde en tilfredsstillende leveringskvalitet som helhet, omfattes ikke av grenseverdier gitt i første og annet ledd.” [8]

3.6 Inter- og overharmoniske spenninger og svak/sterke nett

3.6.1 Definisjon

”Interharmoniske spenninger: Sinusformede spenninger med frekvens som ligger mellom de overharmoniske, det vil si at frekvensen ikke er et multiplum av forsyningsspenningens grunnharmoniske frekvens.” [8]

”Overharmoniske spenninger: Sinusformede spenninger med frekvens lik et multiplum av forsyningsspenningens grunnharmoniske frekvens. Total harmonisk forvrengning av spenningen

uttrykkes ved: $\%THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_h^2}}{U_1} \cdot 100\%$

Individuell harmonisk forvrengning for hvert multiplum av den grunnharmoniske frekvensen uttrykkes

ved: $\%U_h = \frac{U_h}{U_1} \cdot 100\%$ der U_1 er spenningens grunnharmoniske komponent, U_h er en gitt harmonisk

spenningskomponent, og h er komponentens harmoniske orden.” [8] **Teori**

Den grunnharmoniske frekvensen i Norge er 50Hz. Som et eksempel har en 3. harmonisk spenning en frekvens på 3 ganger den grunnharmoniske, altså 150Hz.

Overharmoniske spenninger og strømmer er ikke ønskelig, spesielt ikke for svake nett.

Nettimpedansen består av et reelt (resitivt) og et imaginært (kapasitivt/induktivt) ledd. Det reelle leddet vil være den samme uavhengig av frekvensen til strømmen. Ohms lov, Formel 3-8, under viser frekvensuavhengigheten til en motstand.

$$U = R \cdot I \quad \text{alternativt} \quad U_n = R \cdot I_n \quad \text{Formel 3-8}$$

Hvor

- U - spenning over motstand
- R - motstand
- I - strøm
- n - antall ganger den grunnharmoniske frekvensen

Kapasive og induktive laster (kondensatorer og spoler) som danner det imaginære leddet av nettimpedansen er frekvensavhengig (ulik for ulike frekvenser), som vist av Formel 3-9 til Formel 3-12.

For en kondensator:

$$-jX_{C1} = j \frac{1}{\omega_1 \cdot C} = j \frac{1}{2\pi \cdot f_1 \cdot C} \quad \text{Formel 3-9}$$

$$X_{Cn} = \frac{X_{C1}}{n} \quad \text{Formel 3-10}$$

For en spole:

$$jX_{L1} = j \cdot \omega_1 \cdot L = j \cdot 2\pi \cdot f_1 \cdot L \quad \text{Formel 3-11}$$

$$X_{Ln} = X_{L1} \cdot n \quad \text{Formel 3-12}$$

Hvor:

- X_c - impedansen til en kondensator
- C - kapasitansen til en kondensator
- X_L - impedansen til en spole
- L - induktansen til en spole
- f_1 - den grunnharmoniske frekvensen
- n - antall ganger den grunnharmoniske frekvensen

Ved sammenkoblinger av kondensatorer og spoler i parallell kan summen av dem bli uendelig ohm ved en bestemt frekvens. Dette kalles parallellresonans, og verdien for frekvens kalles resonansfrekvens. Hvilken grad av harmoniske frekvenser det skjer for kan regnes ut ved hjelp av Formel 3-13, som viser samlet impedans for en spole parallellkoblet med en kondensator.

$$jX_n = \frac{jX_{Ln} \cdot (-jX_{Cn})}{jX_{Ln} + (-jX_{Cn})} = \frac{j(X_{L1} \cdot n) \cdot (-j(\frac{X_{C1}}{n}))}{j(X_{L1} \cdot n) - j(\frac{X_{C1}}{n})} \quad \text{Formel 3-13}$$

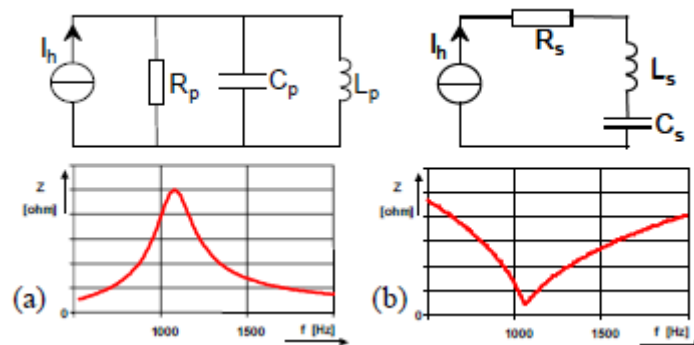
Resonansfrekvensen vil være når nevneren av Formel 3-13 blir lik null. Dette gir en samlet impedans på uendelig ohm. Dersom en ser bort i fra resistanser i nettet, ville en harmonisk strøm med den bestemte frekvensen gitt en uendelig høy spenning.

For en seriekoblet spole og kondensator kan summen av dem bli null ohm for en bestemt frekvens. Det kalles serieresonans. Formel 3-14 viser samlet impedans for en spole og en kondensator koblet i serie.

$$jX_n = jX_{L_n} + (-jX_{C_n}) \quad \text{Formel 3-14}$$

I kontrollerte former kan en serieresonans for valgte spoler og kondensatorer fungere som filter for enkelte frekvenser.

Et eksempel for utregning av frekvens som vil gi parallellresonans og et eksempel for beregning av forventet harmoniske spenning ved kjent harmonisk strøm er gitt i vedlegg C. Figur 3.6 illustrerer både parallellresonans og serieresonans:



Figur 3.6: Parallellresonans og serieresonans

3.6.3 Plusskunders påvirkning

Vekselrettere, som er nødvendige i nettilknyttede solcelleanlegg, vil kunne føre til harmoniske strømmer som igjen fører til harmoniske spenninger. En må derfor være bevisst på dette ved valg av vekselretter. Det er ønskelig med en vekselretter som har en utgangsspenning som ligner en sinuskurve, slik det er ønskelig at spenningen i (distribusjons)nettet også er. Denne typen er ofte ren-sinus vekselretter som gir små harmoniske strømmer (av lav orden) og har vekselspenning tilnærmet lik en sinuskurve. [30] Skulle de harmoniske strømmene bli for høye, kan filtre benyttes for de aktuelle uønskede harmoniske strømmene, som for eksempel mot den 3. harmoniske. Mer om vekselrettere kommer i kapittel 4.1.5.4 "Vekselretter".

3.6.4 Krav i FoL

I FoL er det stilt krav til hvor stor andel harmoniske spenninger en kan ha i distribusjonsnettet; både for den totalharmoniske spenningen og for hver enkelt grad (multiplum) av harmoniske spenninger.

"§ 3-8. Overharmoniske spenninger

Nettselskap skal sørge for at total harmonisk forvrengning av spenningens kurveform ikke overstiger 8 % og 5%, målt som gjennomsnitt over henholdsvis ti minutter og én uke, i tilknytningspunkt med nominell spenning fra og med 230 V til og med 35 kV.

Nettselskap skal sørge for at individuelle overharmoniske spenninger ikke overstiger følgende verdier, målt som gjennomsnitt over ti minutter, i tilknytningspunkt med nominell spenning fra og med 230 V til og med 35 kV:

Odde harmoniske				Like harmoniske	
Ikke multiplum av 3		Multiplum av 3			
Orden h	Uh	Orden h	Uh	Orden h	Uh
5	6,0 %	3	5,0 %	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	> 9	0,5 %	> 4	0,5 %
13	3,0 %				
17	2,0 %				
19, 23, 25	1,5 %				
> 25	1,0 %				

Tabell 3.2: Grenseverdier for harmoniske i FOL" [8]

"Grunnen til de høye kravene (lave prosentverdier) for "odde harmoniske som er multiplum av 3," er at summen av de 3. harmoniske spenningene ikke vil bli null. Ved kun grunnharmonisk spenning vil summen av fasespenningene bli null, mens ved kun 3. harmoniske fasespenning vil de havne i fase med hverandre. Derfor vil de legges oppå hverandre og kunne adderes." [31]

Dette er spesielt uheldig i TN-nett, der summen av de 3. harmoniske i faselederne vil gå i N-lederen. Er den 3. harmoniske strømmen i hver av faselederne høyere enn 1/3 av strømmen med den grunnharmoniske frekvensen, vil strømmen i N-lederen kunne bli høyere enn den er beregnet for (høyeste enfase-last sikring merkeverdi).

For interharmoniske strømmer gjelder følgende krav:

"§ 3-9. Interharmoniske spenninger

Norges vassdrags- og energidirektorat kan fastsette grenseverdier for interharmoniske spenninger i tilknytningspunkt." [8]

"Hege Sveaas Fadum, senioringeniør i Nettseksjonen hos NVE, kjenner ikke til noen tilfeller der det har vært nødvendig å sette grenseverdier for interharmoniske spenninger. Det kan tolkes i retning av at det er veldig sjelden slike grenser blir satt, dersom det noensinne har skjedd." [31]

3.7 Spenningsusymmetri

3.7.1 Definisjon

"Spenningsusymmetri: Tilstand i et flerfaset system hvor linjespenningenes effektivverdier (grunnharmonisk komponent), eller fasevinklene mellom etterfølgende linjespenninger, ikke er helt like. Grad av usymmetri beregnes ved forholdet mellom spennings negative og positive sekvenskomponent, og kan uttrykkes ved:

$$\frac{U_-}{U_+} = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \cdot 100\% \text{ der } U_- \text{ er spennings negative sekvenskomponent,}$$

U_+ er spennings positive sekvenskomponent, $\beta = \frac{U_{12}^4 + U_{23}^4 + U_{31}^4}{(U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2)^2}$ og U_{ij} representerer linjespenningens grunnharmoniske komponent mellom de nummererte faser." [8]

3.7.2 Teori

Enfaset last eller enfaset produksjon kan føre til veldig skjev belastning av fasene i distribusjonsnett. Det vil føre til ulikt spenningsfall i de ulike faselederne pga de ulike fasestrømmene.

3.7.3 Plusskundes påvirkning

Dersom en plusskunde har enfaset produksjon, som et solcelleanlegg med en vekselretter som gir enfaset vekselstrøm, vil det for store ytelser kunne føre til spenningsusymmetri. Dette kan unngås ved å fastsette en grense for ytelser for enfaset produksjon fra DG-enheten.

3.7.4 Krav i FoL

"§ 3-7. Spenningsusymmetri

Nettselskap skal sørge for at grad av spenningsusymmetri ikke overstiger 2 % i tilknytningspunkt, målt som gjennomsnitt over ti minutter." [8]

4 Aktuelle teknologier

Det er tre teknologier for å produsere egen elektrisk energi som er aktuelle for en plusskunde; solcelleanlegg, vannkraft og vindturbinanlegg. Her gis en kort forklaring på hvorfor vannkraft og vindkraft utelukkes, og hvorfor solcelleanlegg anses som mest aktuelt. Disse punktene er for det meste hentet fra Biørnstad, H.T., *Vurdering av plusskunder sine rammebetingelser i framtidens distribusjonsnett (SmartGrid) - med fokus på AMS og produksjonsteknologi*, 2012, NTNU [1], som blant annet vurderer de tre nevnte teknologiene:

- Vannkraft er det få som har mulighet til å drive. Ifølge NVE må produksjonen normalt være mindre enn forbruket i løpet av et år. Det er lang søknadsprosess, sluttbruker må ha fallrettighetene og oppføringen av vannkraftverket er kostnadskrevende. [1]

- Småskala vindturbinanlegg kan bli overvurdert når det gjelder forventet utbytte/ytelse. Ved målinger gjort i forbindelse med tester har det vist seg at merkeytelsen avvek sterkt i 40 % av tilfellene fra målt ytelse. Dette kan komme av at småskala vindkraft montert på bygninger i tettbebygde strøk vil få svært varierende vindforhold. Teknologien kan være aktuell for de med større landareal som f. eks. gårdbrukere. [1] Det er ifølge Teknisk Ukeblad stor interesse for mikrovind hos sluttbrukere i Danmark. [32]

”Solceller er den produksjonsteknologien som per dags dato er mest aktuell for de aller fleste plusskunder. Bakgrunnen for denne konklusjonen er at solcelleanlegg ikke er sjenerende i form av støy eller utseende og er forholdsvis vedlikeholdsfrie. I tillegg foreligger det historiske værdata som gjør at man til en viss grad kan forutse fremtidig kraftproduksjon. For en plusskunde kan dette gjøre investeringsbeslutningen enklere. I motsetning til vindkraft behøver ikke plusskunden å foreta spesifikke og tidkrevende målinger på eiendommen for å avgjøre potensialet for kraftproduksjon. Det er verd å merke seg at man ved oppføring av et solcelleanlegg likevel må ta hensyn til anleggsspesifikke faktorer som tilstøtende bygninger og trær som kan skygge for modulene.” [1]

Det blir videre i denne oppgaven bare sett på solcelleanlegg.

4.1 Solcelleanlegg

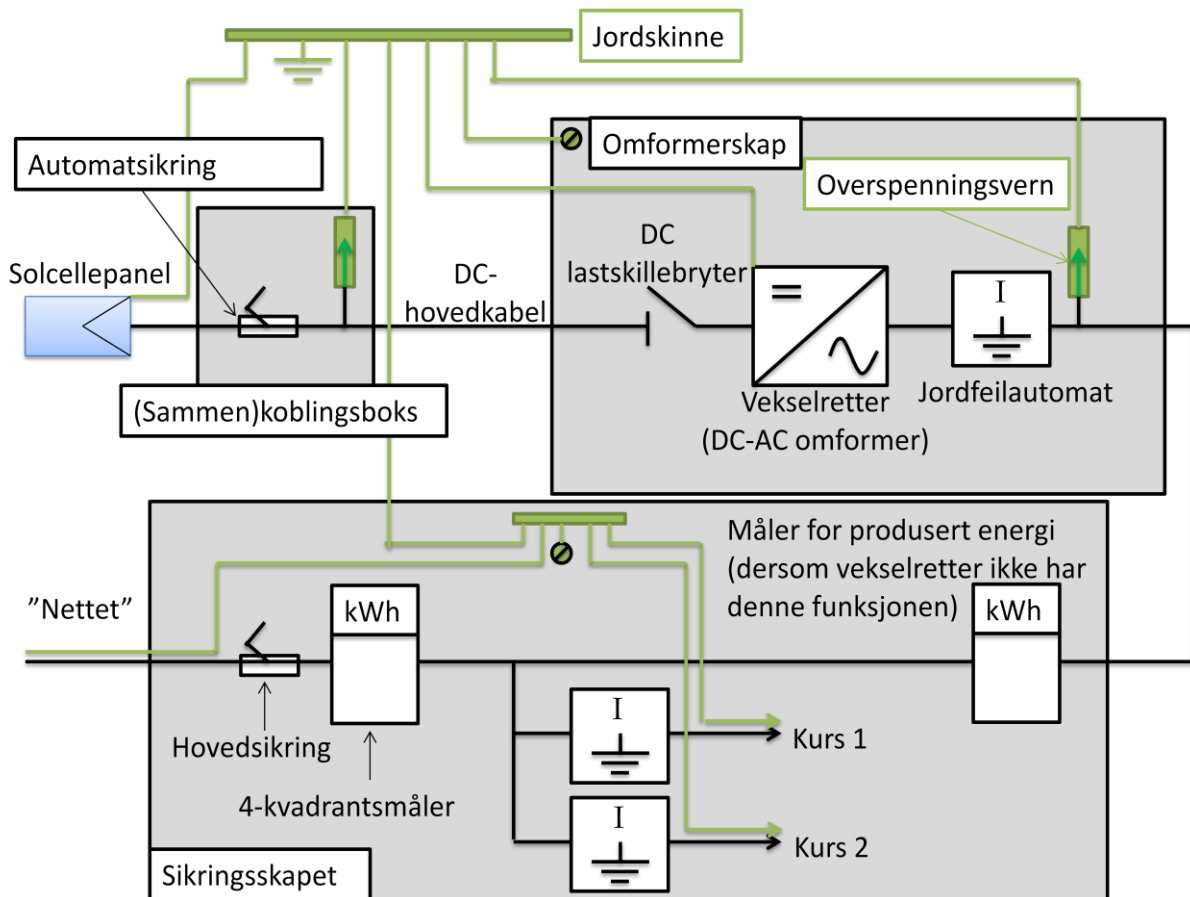
4.1.1 Hvordan fungerer teknologien?

Fenomenet som skjer for å omdanne sollyst til elektrisk energi kalles den fotovoltaiske eller den fotoelektriske effekt. En solcelle består av dopede halvledere der forsiden har et overskudd på frie elektroner og baksiden har et underskudd, eller omvendt. Ved tilstrekkelig sollyst absorberer bundne elektroner i solcellen et foton, og blir frie elektroner. I laget mellom de to halvledermaterialene skapes et elektrisk felt som driver de frie elektronene rundt i den elektriske kretsen forsiden og baksiden av solcellen er tilkoblet. Slik kan energien til solinnstråling gjøres om til elektrisk energi i en DC-krets. På hytter eller i separate kretser i boligen kan en bruke direkte i en DC-krets. Ved hjelp av en DC-AC-omformer (kalt vekselretter) kan energien forbrukes i boliginstallasjonen til sluttbrukeren eller leveres inn på nettet dersom sluttbrukeren er en plusskunde. [33, 34]

Solcellenes virkningsgrad er utnyttbar elektrisk energi delt på energien til solinnstrålingen. Denne virkningsgraden er på oppimot 20 %, men vanligvis mellom 7 – 15 %. [34, 35]

4.1.2 Koblingskjema

I Figur 4.1 under er det gitt et forslag til oppkobling av et solcelleanlegg. Vekselretteren i forslaget har ikke en transformator, slik at flest mulig av komponentene en kan støte på ved solcelleanlegg blir nødvendig. Hovedgrunnen til at forslaget har to jordskinner er for å forenkle tegningen, og det holder med ofte med en jordskinne. De ulike komponentene, med fokus på vekselretteren, blir forklart i neste delkapittel.



Figur 4.1: Forslag til oppkobling av et solcelleanlegg, enlinjeskjema

4.1.3 Komponenter

4.1.3.1 Batteri og regulator

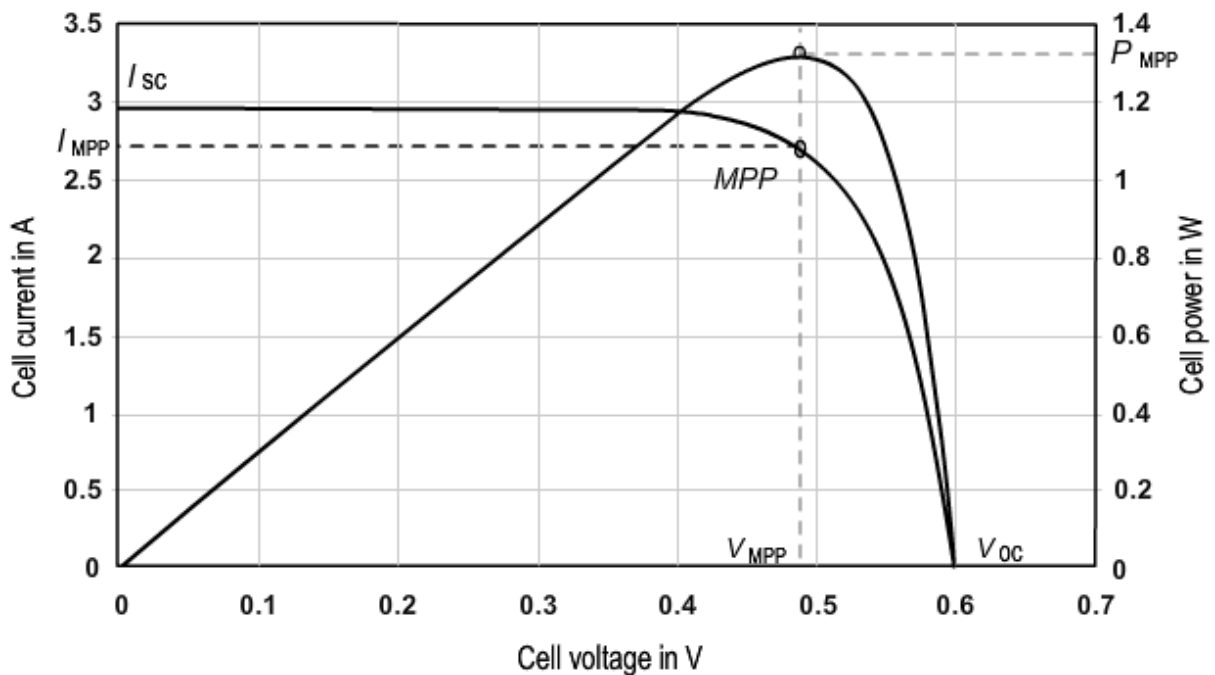
En regulator trengs i forbindelse med riktig lading av batterier. Siden en ikke bruker batterier i nettilknyttede solcelleanlegg, er det ikke aktuelt med batteri og regulator slik som for solcelleanlegg uten nettilknytning.

"Dersom det oppstår et overskudd av energi leveres dette til distribusjonsnettet, og man trenger derfor ikke noe energilager." [33]

4.1.3.2 Solcelle

Det vil ikke bli gått inn på ulike typer solcelle-teknologier, kun vanlige parametre.

I Figur 4.2 vises U(I) - og P(U)-karakteristikken til en solcelle.



Figur 4.2: U-I-karakteristikk og P-U-karakteristikk (den "spisse" grafen) for en solcelle [36]

"Maximum Power Point"(MPP) er den beste driftsituasjonen for en gitt forholdssituasjon. Den varierer blant annet med endringer i solcellenes temperatur. Å forsikre seg om at driften er i MPP gjøres ved hjelp av en "Maximum Power Point Tracker" som i grunnen er en DC-DC-omformer. Det kommer mer om omformere i kapittel 4.1.5.4 om vekselretteren. Solcelle(panel) oppgis med en W_p , en "peak-effekt". Det tallet er for MPP med "Standard Test Conditions", det vil si: [22]

"Test forhold for å kunne sammenligne ulike solcellepaneler opp imot hverandre. Disse forholdene er: Solinnstråling på $1000W/m^2$

Celletemperatur på $25^{\circ}C$ med en toleranse på $\pm 2\%$

Definert lys spektrum (etter gitt referanse i IEC60904-3) med en luftmasse på 1,5." [22]

Tabell 4.1 under forklarer typiske oppgitte parametre for en solcelle eller et solcellepanel.

Tabell 4.1: Typisk oppgitte parametre for en solcelle/solcellepanel [22]

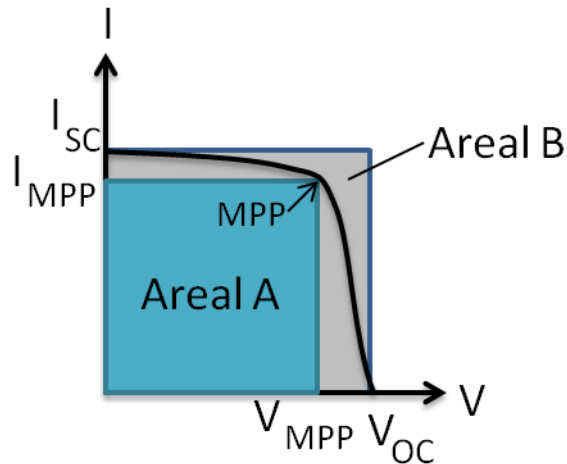
Parameter	Symbol	Enhet	Beskrivelse
MPP effekt	P_{MPP}	W_p	Max effekt ved STC (nominell effekt)
Virkningsgrad	η	%	Forhold mellom effekt celler og solinnstråling
Fyllfaktor	FF	-	Et "kvalitetstall" for solceller, generelt mellom 0,5-0,85
MPP spenning	V_{MPP}	V	PV spenning ved MPP (nominell spenning)
Åpen krets spenning	V_{OC}	V	Spenning dersom ikke tilkoblet sluttet krets (ved STC)
MPP strøm	I_{MPP}	A	PV strøm ved MPP
Kortslutningsstrøm	I_{SC}	A	Strøm ved kortsluttet solcelle (ved STC)

Kortslutningsstrømmen er 5-15 % høyere enn for I_{MPP} . Åpen-krets-spenningen er ca 0,6 Volt.

Fyllfaktor gir forholdet mellom teoretisk maksimal effekt og effekten ved MPP. Formel 4-1 viser hvordan utregningen av fyllfaktor kan gjøres; [22]

$$FF = \frac{V_{MPP} \cdot I_{MPP}}{V_{OC} \cdot I_{SC}} = \frac{\text{Areal A}}{\text{Areal B}} \quad \text{Formel 4-1}$$

Fyllfaktor kan også illustreres grafisk som i Figur 4.3:



Figur 4.3: Fyllfaktor for en solcelle

Virkningsgraden til en solcelle er gitt av Formel 4-3:

$$\eta = \frac{P_{MPP}}{A \cdot G} = \frac{V_{MPP} \cdot I_{MPP}}{A \cdot G} \quad \text{Formel 4-2}$$

Hvor

- P_{MPP} - Effekt ved M(aximum) P(ower) P(oint)
- V_{MPP} - Spenning ved MPP
- I_{MPP} - Strøm ved MPP
- G - Solinnstråling
- A - Areal

Den nominelle virkningsgraden, η_n , en får oppgitt for en solcelle er for STC, altså ved en solinnstråling på $1000\text{W}/\text{m}^2$ og en temperatur på 25°C . Ved en annen solinnstråling eller andre temperaturer er virkningsgraden en annen. Den nye virkningsgraden for en krystallinsk silikonsolcelle blir: [22]

$$\eta \approx \eta_n - \Delta\eta \quad \text{Formel 4-3}$$

For endring av solinnstråling for en krystallinsk silikonsolcelle blir endringen av virkningsgraden:

$$\Delta\eta = -0,004 \cdot \eta_n \cdot \ln\left(\frac{G}{1000\text{W}/\text{m}^2}\right) \quad \text{Formel 4-4}$$

For en krystallinsk silikonsolcelle påvirkes virkningsgraden slik av temperatur:

$$\Delta\eta \approx -0,45\% \cdot (25^\circ\text{C} - T_{\text{panel}}) \cdot \eta_n \quad \text{Formel 4-5}$$

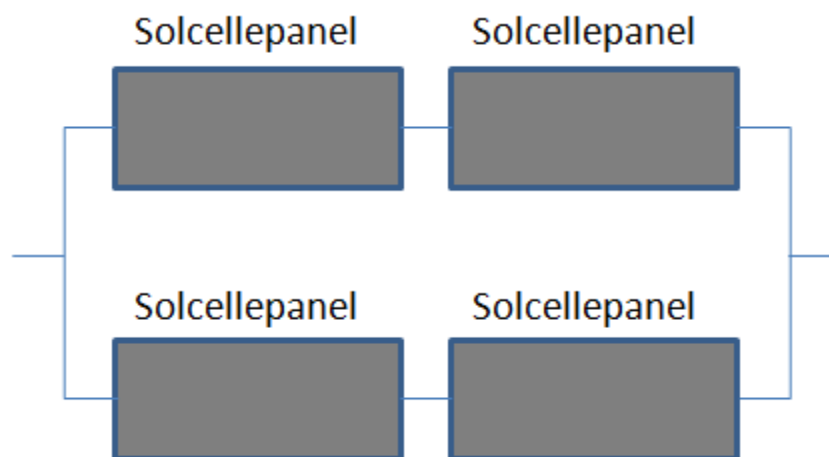
4.1.4 Solcellepanel

En enkelt solcelle vil gi lite elektrisk energi, og en har derfor solcellepanel bestående av flere solceller. Panelene har beskyttelse av solcellene mot vær og vind. Solcellene er vanligvis seriekoblet for å oppnå ønsket spenning. Siden de er seriekoblet, vil den solcellen med minst solinnstråling/strømstyrke begrense energiutbytte fra hele panelet. Et solcellepanel som er delvis skygget for, er derfor ikke ønskelig. Solcellepanel kan også kobles i serie i likhet med solceller for å oppnå ønsket spenning. [33, 37]

Solcellepanel er oppgitt med en Wp som angir spisseffekt, for eksempel 100Wp. Dette er verdien for P_{MPP} ved STC, som er et godt tilfelle. I virkeligheten kan en som en gjennomsnittsverdi forvente 10-15 % mindre effektutbytte for et solcellepanel enn den oppgitte spisseffekten. Verdien for spisseffekt kan benyttes til beregning av mengde elektrisk energi produsert i løpet av et år. [33, 37]

4.1.4.1.1 Sammenkobling av solcellepanel

Sammenkobling av solcellepanel gjøres på samme måte som for batterier. For lik strøm og økt spenning kobles solcellepanelene i serie. For lik spenning og økt strøm parallellkobles solcellepanelene. En kan også ha kombinasjoner som to seriekoblede solceller i parallell med to andre seriekoblede solcellepanel. En gruppe seriekoblede solcellepanel blir på engelsk kalt "string", og det vil bli kalt "streng" videre i denne oppgaven. Se Figur 4.4 under for 2 strenger: [22]



Figur 4.4: Kombinasjon av serie- og parallellkobling av solcellepanel (2 strenger)

4.1.5 (Sammen)koblingsboks ved solcellepanel

Koblingsboksen er sammenkoblingspunktet mellom de ulike (strengene av) solcellepanelene ved parallellkoblinger, brytere og om nødvendig dioder og sikringer. Overspenningsvern er ofte plassert her og er tilkoblet for å sende overspenninger til jord. Av og til er hoved-DC-lastskillebryteren også plassert her. Boksen skal ha tydelig separering av den positive og negative siden. [22]

4.1.5.1.1 Sikringer for strenger

Sikringer for strenger brukes kun der det er flere strenger, og må brukes der det er 4 eller flere strenger og der en kortslutning vil føre til stor strøm i motsatt retning av normalt på et solcellepanel. Disse er ofte små smeltesikringer slik noen vil kjenne igjen fra slike brukt i elektriske anlegg i biler. [22]

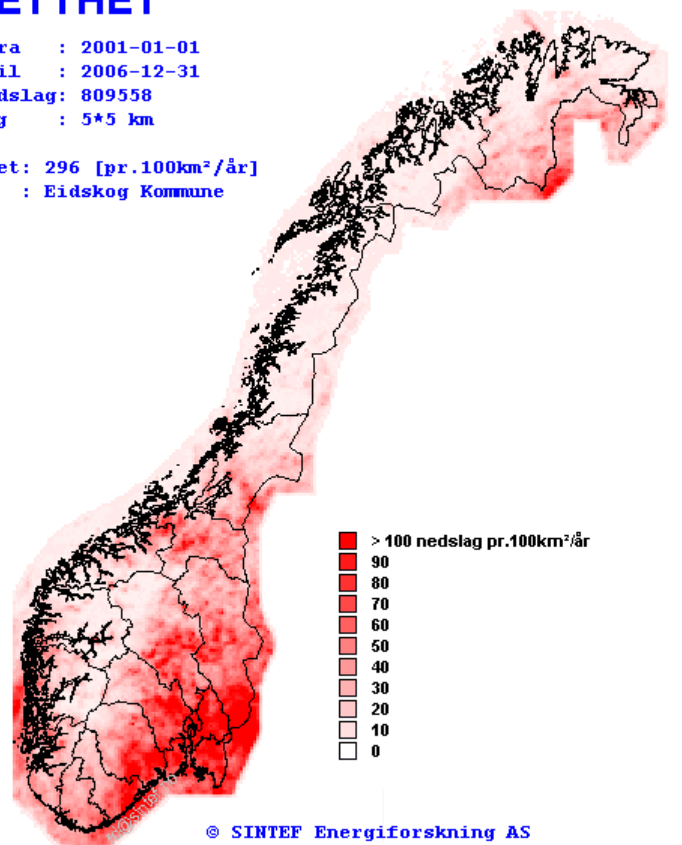
4.1.5.1.2 Overspenningsvern

Et solcelleanlegg øker ikke sannsynligheten for at en bygning blir truffet av lynet, unntatt ved store blokker, i store åpne felt eller for veldig store anlegg. Lynnedslag har både en direkte og indirekte påvirkning på strømmen og spenningen på solcellepanelene. IEC skiller mellom to klasser overspenningsvern, klasse I og klasse II. Klasse I kan avlede direkte lynnedslag og trengs der det er høy sannsynlighet for å bli truffet av lynet. Klasse II brukes for å beskytte mot lynnedslags indirekte påvirkning på spenningen og må kunne avlede en strøm på 1kA per kWp fra solcellene. De må ha en merkespenning på minst V_{oc} . Om det blir nødvendig med et overspenningsvern med klasse I, kan Figur 4.5 under gi en pekepinn på: [22]

LYNTETTHET

Periode fra : 2001-01-01
til : 2006-12-31
Antall nedslag: 809558
Opplysning : 5*5 km

Max tetthet: 296 [pr.100km²/år]
Sted : Eidskog Kommune



Figur 4.5: Lyntetthet i Norge [38]

4.1.5.2 DC-kabler

4.1.5.2.1 Fra solcellepanel til (sammen)koblingsboks

Kablene skal ha mekanisk styrke, være værresistente og jordfeilsikkert og kortslutningssikkert utført. Se

Tabell 4.2 under: [22]

Tabell 4.2: Krav til kabler fra solcellepanel til sammenkoblingsboks

Mekanisk styrke	Valg av kabler som
Værresistens	Valg av kabler som tåler UV-stråling, høye temperaturer (de bak solcellepanel må tåle 80°C).
Jordfeilsikkert og kortslutningssikkert utført	Den positive og den negative lederen skal ikke føres i samme kabel. Dobbelisolerte enledere kan være en løsning.

Kablene skal tåle spenningen og trenger en eller flere koblingsbokser for sammenkobling av flere solcellepanel. [22]

Dårlige sammenkoblinger kan føre til lysbuer og øker derfor sannsynligheten for å være en brannkilde/-starter. Det er 4 vanlige sammenkoblingsmåter å velge mellom; skruterterminal, terminal med gjenger slik at kabel festes ved bruk av kabelsko og mutter, "skruklemme"-terminal med springfjær eller plugg der sammenkobling blir helt innesluttet med bruk av en hannkjønns- og hunnkjønnskontakt. Pluggen blir mer og mer vanlig, og slik kan også ikke-faglærte lettere koble solcellepanel sammen. [22]

Kablene må kunne tåle spenningen ved åpen krets, som er 1,25 ganger kortslutningsstrømmen. Strømføringsevnen til en kabel er begrenset av sin omgivelsestemperatur, antall kabler i en gruppe ført sammen, forelegningsmåte (som skjult i vegg eller på panel). [22]

4.1.5.2.2 Fra (sammen)koblingsboks til vekselretter

I likhet med kablene nevnt over skal kablene mellom (sammen)koblingsboks for solcellepanel og vekselretter(skapet) velges slik at den minimerer sannsynligheten for jordfeil og kortslutning. Utførelsen skal være enleder, og skjermet eller med passende rør/kanal. Skjermet kabel skal brukes dersom det er fare for at den blir truffet av lynnedslag. Kablene skal kunne gjøres spenningsløse. Det gjøres med en DC-lastskillebryter og et isoleringspunkt i (sammen)koblingsboksen. [22]

4.1.5.3 DC-lastskillebryter

DC -lastskillebryteren brukes til å frakoble solcellepanel fra vekselretter ved feil, vedlikeholdsarbeid eller reparasjoner. Den bør være dobbeltpolet og kunne bryte laststrøm. Den må ha en merkeverdi på minst den høyeste spenning fra solcellepanel(ene), dvs. spenningen ved åpen krets og -10°C, og 1,25 ganger den største strømmen fra solcellepanelene, dvs. ved kortslutning under STC. Hoved-DC-lastskillebryter blir ofte plassert i (sammenkoblings)koblingsboksen ved solcellepanelene, men av sikkerhetsgrunner er det bedre å plassere den ved vekselretteren. Noen grunner til at den er plassert slik i forslaget (se Figur 4.1) i stedet for i (sammen)koblingsboksen er at det vil gjøre den synlig mens en arbeider på vekselretteren, den er lettere tilgjengelig enn i (sammen)koblingsboksen ved solcellepanelene, og ved god plassering av omformerskapet er den også trolig utsatt for mindre ytre påkjenninger. [22]

4.1.5.4 Vekselretter

Hvis en skal anvende den elektriske energien i et AC-system eller tilkobles nettet, må solcelleanlegget ha en vekselretter. Det gjøres forskjell på vekselrettere for nett-tilkobling og for anlegg uten nettilknytning, slik som avsidesliggende hytter. Her vil det kun ses på vekselrettere for nettilknyttede anlegg. For nettilknyttede anlegg kan det være direkte eller indirekte tilkobling til nettet. Direkte kobling vil si at produksjon mates rett inn på nettet, mens indirekte tilkobling vil si at produksjonen forbrukes først i huset/anlegget før overskuddsproduksjonen mates inn på nettet. En plusskunde vil ha indirekte tilkobling til nettet. [22]

I vekselretteren kan MPPT befinne seg, som i grunnen er en DC-DC-omformer i serie med DC-AC-omformeren. Denne DC-DC-omformeren kan være en del av vekselretteren eller en egen enhet. Ved hjelp av denne kan inngangsspenningen til omformerne justeres til V_{MPP} , og slik kan solcellepanelene driftes med V_{MPP} på som sin utgangsspenning. For optimal produksjon har man en MPPT for hver streng, siden det kan hende at V_{MPP} ikke er den samme for alle strengene/solcellepanelene. Det beste med tanke på drift i MPP er å ha en vekselretter per solcellepanel [22]

”Moderne vekselrettere skal kunne fungere etter følgende funksjoner:

- *Konvertere DC strøm generert av PV generator til AC strøm for å oppfylle krav i nettet*
- *Justere driftspunkt til vekselretter til MPP hos solcellepanel(ene)*
- *Registrere drifts data og signalisering (eks display, data lagring, data overføring)*
- *ha DC- og AC beskyttelsesanordning som kan for eksempel automatisk utkoble vekselretteren ved et tilfelle av avbrudd av hovedforsyningen eller dersom hovedforsyningen er utenfor godatte spennings eller frekvens grenseverdier.”* [22]

Dersom omgivelsene tillater det, kan det være smart å plassere vekselretteren(e) i nærheten av solcellepanelene, helst ved ”målerskap” eller i nærheten. Slik kan effekttapet i DC-delen av anlegget og kostnaden på anlegget reduseres. Store vekselrettere er plassert sammen med vern og målere i et felles (vekselretter)skap. Typiske oppgitte parametre og et utdrag fra et datablad for en vekselretter er i vedlegg D. [22]

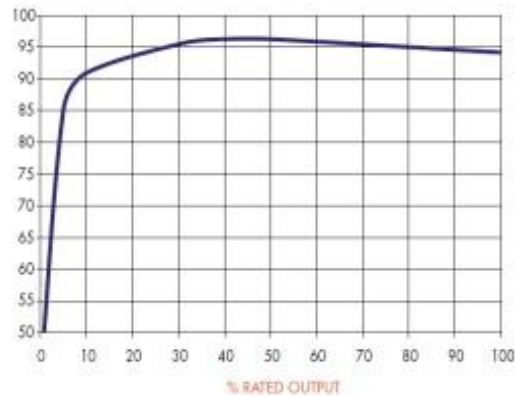
4.1.5.4.1 Effektdimensjon

Ved effekter opptil 5kW vil det alminnelige være en enfaset vekselretter. Når effekten er over 5kW er det typisk flere enfasede vekselrettere per fase for å fordele produksjonen likt på fasene.

Dimensjonen for vekselretter i DC kan anbefales til å være et sted i mellom 0,7-1,2 ganger P_{PV}

(solcellene). Desentraliserte vekselrettere kan være utsatt for stor termisk belastning (pga områdetemperatur), og merkeeffekten må da være minst den samme som for solcellepanelene. [22]

I Nord-Europa kan det være gunstig med en vekselretter med en effektmerking som er litt mindre enn den samlede verdien for solcellepanelene. Normalt er den beste virkningsgraden for produsert effekt fra solcellene rundt 50-80 % av merkeverdien på vekselretteren. Se Figur 4.6 der en typisk virkningsgradskurve for en vekselretter er vist: [22]



Figur 4.6: Virkningsgradskurve, Y-akse: virkningsgrad i %, x-akse: %-verdi av effektverdi/merkeeffekt [39]

Merkeverdier for solcellepanel er sjelden nådd i Nord Europa og ligger ofte rundt 50 % av merkeverdi i Sentral-Europa. [22]

Andre grunner enn manglende sol til at ikke merkeeffekt fra solcellepanel nås er:[1]

- De har ikke ideell retning og blir delvis skygget for
- Dårlig ventilering og temperaturen stiger og effekten ved MPP synker (fra ved STC)
- Effekttap pga panel i streng som begrenser
- effekttap i kabler

Fordi virkningsgraden til vekselretteren er best tett opptil sin makseffekt/merkeverdi kan det være smart å underdimensjonere vekselretteren i forhold til solcellepanelenes W_p . En må da vurdere sikkerheten ved drift med overbelastning. Det er tre varianter av oppførsel for en vekselretter ved overbelastning: [22]

1. skifte driftpunkt
2. effektbegrensning
3. skru av

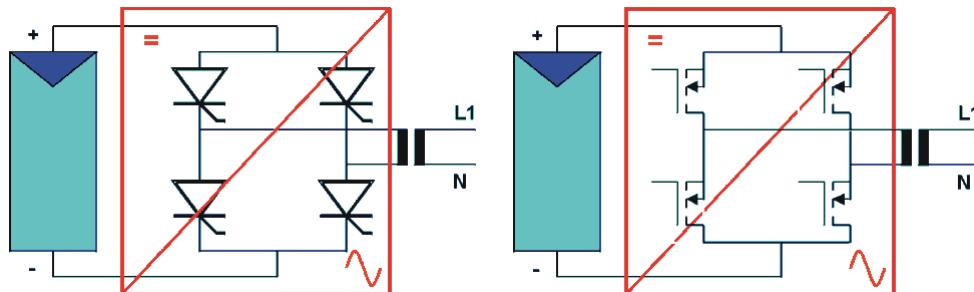
Variant 3 ønskes ikke, for da vil vekselretteren koble fra når en kunne produsert energi. Derfor kan kun variant 1 eller 2 benyttes med litt underdimensjonering. [22]

De fleste vekselrettere har display eller muligheter for et ad-on display. Disse viser: [22]

- input: spenning, strøm og effekt, alle DC
- output: samme som over for AC
- opereringstid
- generert elektrisitet
- innretningens status og feil

Den maksimale inngangsspenningen til vekselretteren må ikke bli overskredet og kan derfor bli den dimensjonerende faktoren for valget av vekselretteren. Denne spenningen er ved lav temperatur og gjeninnkobling etter åpen krets. [22]

Det er to typer virkemåte for hvordan vekselretteren skaper omformer til AC; nettkontrollerte og selvkommuterende vekselrettere. Se Figur 4.7 for et eksempel på begge:



Figur 4.7: Nettkontrollert vekselretter (venstre) og selvkommuterende vekselretter (høyre) [40]

Nettkontrollerte vekselrettere (også kalt linjekommuterte - eller firkantpuls vekselrettere) kan beskrives slik [22]

- de er i grunnen tyristorbro,
- de trenger spenning fra nettet for å "slukke" tyristorene,
- gir firkantpulser,
- mest vanlige for store anlegg (over 5kW) og ikke for mindre enfaset produksjon,
- gir store harmoniske forstyrrelser og kan derfor trenge harmoniske filtre,
- tar opp mye reaktiv effekt (forbruk),
- isoleres ved hjelp av skilletrafo,
- kan få MPP ved styring av tennevinkel.

Selvkommuterende vekselrettere kan beskrives slik [22]

- transistor/tyristor,
- puls-bredde-modulasjon (10kHz-100kHz),
- lavpassfilter: lite, men lavharmonisk forstyrrelser,
- har lavt reaktiv forbruk,
- pga høy bryter-/koblingsfrekvens (switchefrekvens) skapes EMC-forstyrrelser,
- bra for øydrift som avsesliggende hytte,
- må synkronisere frekvensen til hovedforsyning dersom nett-tilkobling,
- PBM gir god spenning nærme en sinus-kurve

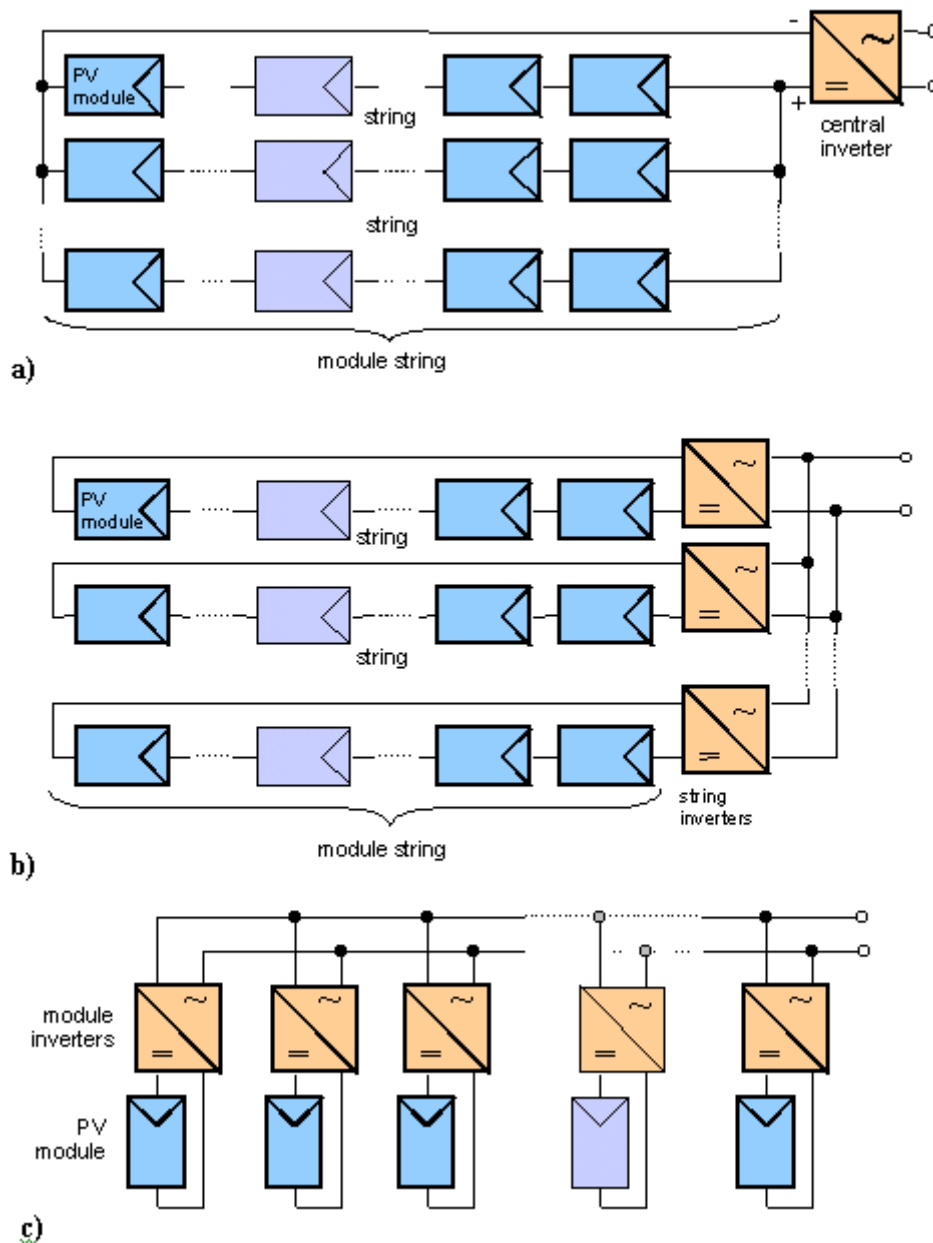
En vekselretter kan ha transformator eller være uten. For de med transformator er det to typer; lavfrekvens og høyfrekvens transformator. Fordeler og ulemper med å velge med eller uten transformator er vist Tabell 4.3: [22]

Tabell 4.3: Fordeler og ulemper for å velge vekselretter med eller uten transformator [22]

	Med trafo	Uten trafo
Kjennetegn	Inngang- utgangsspenning elektrisk isolert	PV generator spenning må være betydelig over crest verdi av nettspenning, eller DC-DC omformer må benyttes
	Utbredt	
	For det meste sentraliserte vekselrettere	For det meste til "streng"/gruppe seriekoblet solcellepanel eller en per solcellepanel
Fordeler	Safety Extra-Low Voltage (SELV) er mulig	Høyere virkingsgrad (for de uten DC-DC-omformer)
	Mange år med "brukserfaring"	Lavere vekt
	Redusert EMI-forstyrrelse	Generelt mindre i størrelse
	Ikke behov for utjevningsforbindelse av solcellepanel/generator	For det meste til "streng"/gruppe seriekoblet solcellepanel eller en per solcellepanel: reduserer størrelsen på DC-installasjonen
Ulemper	Transformatortap (magnetisk og ohmske tap)	Bruk av tilleggsvern: Dc-sensitiv krets for jordfeilbeskyttelse integrert i vekselretteren
	Økt vekt	Fluktuasjon av driftspunktet
	Økt samlet størrelse	Avskjerming av strømførende deler
		Installasjon må utføres i beskyttelsesklasse II
		Høyere EMI

4.1.5.4.2 Omformerkonsept

Tidligere var det kun en sentral omformer, men nå er det blitt vanligere med flere desentraliserte omformere. DC-DC-omformer og DC-AC-omformer kan også være separert i ulike type konsepter, men det blir det ikke sett på her. Tre ulike konsepter av omformersystem er vist i Figur 4.8: [22]



Figur 4.8: Ulike omformer systemkonsepter [41]

a) Oppkobling med sentral omformer

En sentral omformer kan kun velges der alle solcellepanelene/strengene er utsatt for samme forhold. Dette er som sagt for at skygger og andre værforhold kan gjøre at solcellene får ulik MPP. En kan ha enten lavspenning eller høyspenning, dvs. få eller mange solcellepanel i en streng for dette konseptet.[22]

Master-slave er et konsept under denne kategorien. Master-slave konseptet går ut på at en sentral vekselretter (master) kobler inn flere vekselrettere når effekten blir for høy for den alene. Det gir en stor fordel siden en kan holde god virkningsgrad for et stort sprang i produsert effekt fra solcellepanelene. [22]

En sentral vekselretter plasseres som oftest i samme skap som kWh-måleren eller ved sammenkoblingsboksen dersom værforholdene tillater det. Sistnevnte løsning reduser effekttapene i hoved-DC kabel og installasjonskostnadene. Store sentrale vekselrettere er i eget skap sammen med vern, effektmåler og brytere. [22]

b) Oppkobling med en omformer for hver streng

Fordelen med mange vekselrettere at en kan justere driften til MPP for alle strengene selv når strengene er utsatt fra ulike forhold, som ulike skyggelegging, temperatur og fuktighet. Dette konseptet gir enklere installasjon og reduserer derfor installasjonskostnader. Omformeren for en streng kobles opp i nærheten av et solcellepanel på enden av seriekoblingene. Vekselrettere kan gi fra seg lyd som også kan få betydning for plasseringen av den siden den er utendørs og kan for eksempel føre til klager fra naboer. Typisk ytelse på en "strengvekselretter" er 0,5-3,0kW. Plasseringen gjør at de burde være beskyttet, i alle fall mot direkte solinnstråling og regn. [22]

c) Oppkobling med en omformer for hvert solcellepanel

Dette konseptet er det beste med tanke på drift i MPP for alle solcellepanel. Noen av vekselretterene til dette bruket er så små at de kan plasseres i koblingsboksen til solcellepanelet. Med dette konseptet er det lett å utvide anlegget med flere solcellepaneler. En ulempe er prisen på slike PV-moduler (solcellepanel med inverter) kan bli høy. Skulle en vekselretter ha feil, må den enkelt kunne byttes ut i et slikt anlegg. Det er også viktig å overvåke relevante data, feiltilfeller og feilsignal. Leverandører tilbyr løsninger for overvåking av PC-program for å registrere alle data fra vekselretterene. [22]

4.1.5.5 Vern og brytere i omformerskap

AC-siden skal være beskyttet mot overbelastning, kortslutning og jordfeil. [22]

4.1.5.5.1 Overbelastningsvern, kortslutningsvern og AC-lastskillebryter

AC-lastskillebryter må ha dobbeltpolet brudd, være tydelig merket og være låsbar i utkoblet tilstand/stilling. Dersom vekselretteren er i et annet rom enn AC-lastskillebryter, trenger man en bryter til. Vern mot overbelastningsvern og kortslutningsvern kan gjøres med automatsikringer, som også kan brukes som AC-lastskillebryter. [22]

4.1.5.5.2 Jordfeilbryter

Jordfeilbryteren skal frakobles ved en jordfeilstrøm på fra og med 30mA og ha en utløsertid på maks 0,2 sekunder. Dette er imidlertid ikke alltid nødvendig, siden flere vekselrettere skrur seg av ved jordfeil. [22]

I forslaget i Figur 4.1 er det valgt en jordfeilsautomat som er en jordfeilbryter og automatsikring i ett.

4.1.5.5.3 AC- kabler

AC-kabler bør overdimensjoneres slik at en får maksimum 1 % spenningsfall fra vekselretteren til sikringskapet. Det er naturligvis ønskelig å ha et lavt effekttap i alle valgte kabler i anlegget for å få størst mulig effekt til eget forbruk eller til å mate inn på nettet. Det gjelder også for AC-kablene. Ellers følges NEK400:2010, som skal være velkjent for en elektriker, for en forsvarlig utførelse. [22]

4.1.5.6 Jording

Jordingen følger normene i NEK400:2010 i både valg og utførelse av jordleder og ledere for utjevningsforbindelser i boliginstallasjoner. "Jordningshåndboka"[42] vil også være nyttig. [22]

4.1.6 Virkningsgrader

4.1.6.1 Vekselretteren

For å kunne sammenligne ulike vekselrettere ble det laget en annen måte å angi virkningsgraden til en vekselretter i Europa. Den kan regnes ut ved hjelp av en formel for en gjennomsnittsvirkningsgrad for europeiske temperaturer og solforhold: [22]

$$\eta_{\text{Euro}} = (0,003 \cdot n_{5\%} + 0,006 \cdot n_{10\%} + 0,13 \cdot n_{20\%} + 0,1 \cdot n_{30\%} + 0,048 \cdot n_{50\%} + 0,2 \cdot n_{100\%}) \quad \text{Formel 4-6}$$

Formel 4-6 tilsier blant annet at det forventes drift i PN (og $\eta_{100\%}$) i 20 % av året. Det er vanlig at eurovirkningsgraden ligger rundt 86-95 %. [22]

4.1.6.2 Total virkingsgrad

"Da denne merkeeffekten er i DC og testet under standard testforhold, vil AC effekt ut fra anlegget i virkeligheten avvike fra merkeeffekten. I tillegg til faktorer som helningsvinkel og skydekke skyldes dette avviket:

- Tap i vekselretter og transformator.
- Resistive tap i kabler fra vekselretter til kraftnettet.
- Resistive tap i kabler fra solceller til vekselretter.
- Tap som følge av spenningsfall over dioder og andre elektriske koblinger.
- Forurensning av overflaten til solcellemodulene som snø og støv.
- Misforhold i I-V kurve mellom flere moduler medfører at anlegget ikke produserer optimalt.
- Aldring" [1]

Total virkingsgrad kan settes til 0,77 ved å følge “National Renewable Energy Laboratory” sitt forslag, som er vist i Tabell 4.4.

Tabell 4.4: Virkningsgrad totalt for solcelleanlegg ved STC [43]

Component Derate Factors	PVWatts Default	Range
PV module nameplate DC rating	0.95	0.80–1.05
Inverter and transformer	0.92	0.88–0.98
Mismatch	0.98	0.97–0.995
Diodes and connections	0.995	0.99–0.997
DC wiring	0.98	0.97–0.99
AC wiring	0.99	0.98–0.993
Soiling	0.95	0.30–0.995
System availability	0.98	0.00–0.995
Shading	1.00	0.00–1.00
Sun-tracking	1.00	0.95–1.00
Age	1.00	0.70–1.00
Overall DC-to-AC derate factor	0.77	0.09999–0.96001

5 Simuleringer

For å illustrere virkningen av plusskunder på spenningsforhold er det blitt laget to eksempelnett; et sterkt og et svakt nett. Det har blitt gjort flere lastflytsimuleringer for ulike scenarier for begge nettene. De ulike scenarioene er ved alle ulike kombinasjoner av lav eller stor belastning og lav eller stor produksjon i nettet.

Simuleringene ble gjennomført i SIMPOW av STRI AB, Sverige. Merkeverdiene for kabler, linjer og transformatorer som ble brukt i simuleringgrunnlaget ble tilsendt på mail fra Per Edvard Lund som to test-nett. Se vedlegg E. Optpow-filene, som er filene som gir simuleringprogrammet nettdataene, finnes i vedlegg F.

Lav last er blitt satt til at alle sluttbrukerene forbruker 4kW hver, og høy last er blitt satt til 20kW hver.

Lav produksjon er satt til at en sluttbruker produserer 8kW, og stor produksjon er satt til at en produserer 20kW. Denne produksjonen er i tillegg til eget forbruk.

Det er blitt gjort flere simuleringer der plusskunden er ulike steder i nettet for å se plusskundens plasserings innvirkning på spenningsforhold. Det er også gjort en simulering for hvert scenario med høy produksjon der en sluttbruker/plusskunde produserer 20kW og en simulering der den total produksjonen er 20kW, men der produksjonen er fordelt likt over alle sluttbrukerene.

For begge nettene er bus 1 et stivt nett der spenningen er konstant 22kV for sterk nett og 11kV for svakt nett, og der vinkelen er konstant 0 grader. Både last og produksjon er ført opp med verdier for aktiv og reaktiv effekt. Forbruket i simuleringene har alltid en effektfaktor på 1,0. Det er blitt foretatt simuleringer for produksjon der effektfaktoren er 1,0 og for en effektfaktor på 0,9.

Tabell 5.1 under viser alle scenarioene og antall simuleringer foretatt. Tallene, som for eksempel 2, betyr at det er blitt gjort en simulering for 2 ulike plasseringer av plusskunden.

Tabell 5.1: Oversikt antall scenarier og antall simuleringer

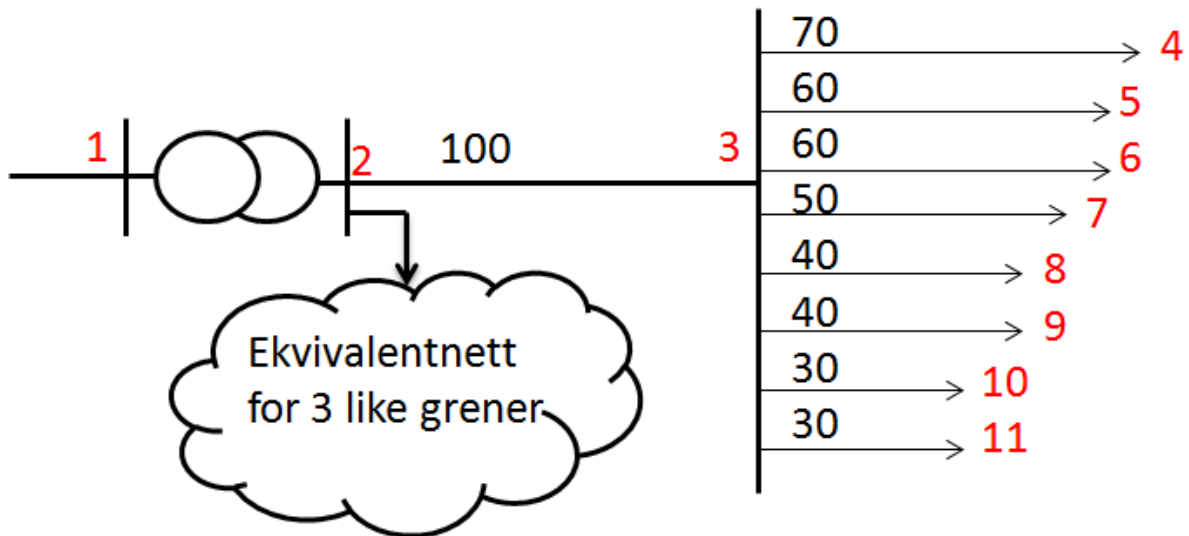
		Ingen produksjon	Lav produksjon $\cos \phi=1,0$	Lav produksjon $\cos \phi=0,9$	Stor produksjon $\cos \phi=1,0$	Stor produksjon $\cos \phi=0,9$
Sterkt nett	Lav last	1	2	2	3	3
	Høy last	1	2	2	3	3
Svakt nett	Lav last	1	3	3	4	4
	Høy last	1	3	3	4	4

I dette kapitlet er det kun oppsummerte simuleringresultater. Fullstendige resultater fra lastflytberegningene er i vedlegg G.

5.1 Sterkt nett

5.1.1 Beskrivelse sterkt nett

Det sterke nettet er et kabelnett der kablene har korte lengder og derfor lav nettimpedans og høy kortslutningsytelse. Nettet består av en matekabel på TFSP 4 x 240mm² på 100 meter. Derifra deles det opp i 8 stikkledninger på TFSP 25Al i ulike lengder, der den korteste er på 30 m og den lengste på 70 meter. Se Figur 5.1 under.



Figur 5.1: Sterkt nett

De røde tallene angir bus-nummeret til punktet benyttet i optpow-filen i SIMPOW (kalt f. eks. "bus 1"), og de sorte tallene angir lengden til en kabel i meter. Trafoen har en ytelse på 800kVA. Primærspenningen er på 22kV, og sekundærspenningen er på 240V. Det er til sammen 4 grener. Den ene av grenene er fullstendig ført opp med et bus nummer per sluttbruker, mens de tre andre grenene er illustrert som en "sky" som oppfører seg nesten tilsvarende den som er vist i utførlig. For dette "ekvivalentnettet for tre like grener" er kun summen av last/produksjon med, og det ses der bort ifra tap i kabler. Fullstendig opplysninger om transformatoren og kablene finnes i vedlegg E.

5.1.2 Kommentarer angående utførelsen av simulering

Plusskunden har fått to ulike plasseringer i simuleringene; på bus 4 og bus 11. Disse bus'ene ble valgt fordi de er tilknytningspunktene lengst og kortest unna transformatoren. Ved scenarioene der det produseres 4kW på bus 4 vil dette også gjelde for "ekvivalentnettet for 3 like grener", og den totale produksjonen blir da 16kW i hele nettet. Siden det sees bort ifra tap i kabler, vil produksjonen fra disse 3 grenene aldri merkbart skifte plassering av plusskunden.

5.1.3 Simuleringsresultater med kommentarer

Under er kun de laveste og høyeste spenningene i et av tilkoblingspunktene til sluttbrukerene oppgitt for de ulike scenarioene listet opp. Slik kan en se om noen av alle spenningsverdiene er utenfor kravene. Først er resultatene fra simuleringer ved scenarioene ved lav belastning av nettet oppført i Tabell 5.2.

Tabell 5.2: Oversikt over lavlast-scenarier for det sterke nettet

	Høyeste spenning		Laveste spenning		FoL brutt?
	Bus	Spenning	Bus	Spenning	
Ingen produksjon	10 & 11	237,3	4	236,5	Nei
Liten produksjon på bus 4 (+8kW)	10 & 11	239,9	5 & 6	237,3	Nei
Liten produksjon på bus 4 (+8kW cos $\phi=0,9$)	4	240,3	5 & 6	237,5	Nei
Liten produksjon på bus 11 (+8kW)	11	239,1	4	237,1	Nei
Liten produksjon på bus 11 (+8kW cos $\phi=0,9$)	11	239,4	4	237,4	Nei
Stor produksjon på bus 4 (+20kW)	4	244,7	5 & 6	238	Nei
Stor produksjon på bus 4 (+20kW cos $\phi=0,9$)	4	245,7	5 & 6	238,8	Nei
Stor produksjon på bus 11 (+20kW)	11	241,6	4	237,8	Nei
Stor produksjon på bus 11 (+20kW cos $\phi=0,9$)	11	242,5	4	238,6	Nei
Stor produksjon hos alle sluttbrukerne (+2,5kW)	10 & 11	239	4	238,7	Nei
Stor produksjon hos alle sluttbrukerne (+2,5kW cos $\phi=0,9$)	10 & 11	239,8	4	239,6	Nei

Kravene i FoL sier som nevnt tidligere at spenningen skal være mellom 207V og 253V når U_N er 230V. Alle spenningene i tilknytningspunktene til sluttbrukerne er innenfor kravene i de simulerte scenarioene.

Her er det kombinasjonen liten last og liten produksjon som er mest realistisk når en tenker seg at det finnes plusskunder i nettet. Siden kablene har lave impedanser, er det små forskjeller på spenningene i tilknytningspunktene ved endring av hvor produksjonen er. Som forventet gir produksjonen av reaktiv effekt når effektfaktoren på 0,9, en høyere spenning i tilknytningspunktene enn for $\cos \phi=1,0$. De eneste antydningene til et potensielt problem er at lav last og stor produksjon kan føre til at spenningen til en eller flere sluttbrukere bli for høy.

Under er Tabell 5.3 med tilsvarende resultater for et høyt belastet sterkt nett.

Tabell 5.3 Oversikt over høylast-scenarier for det sterke nettet

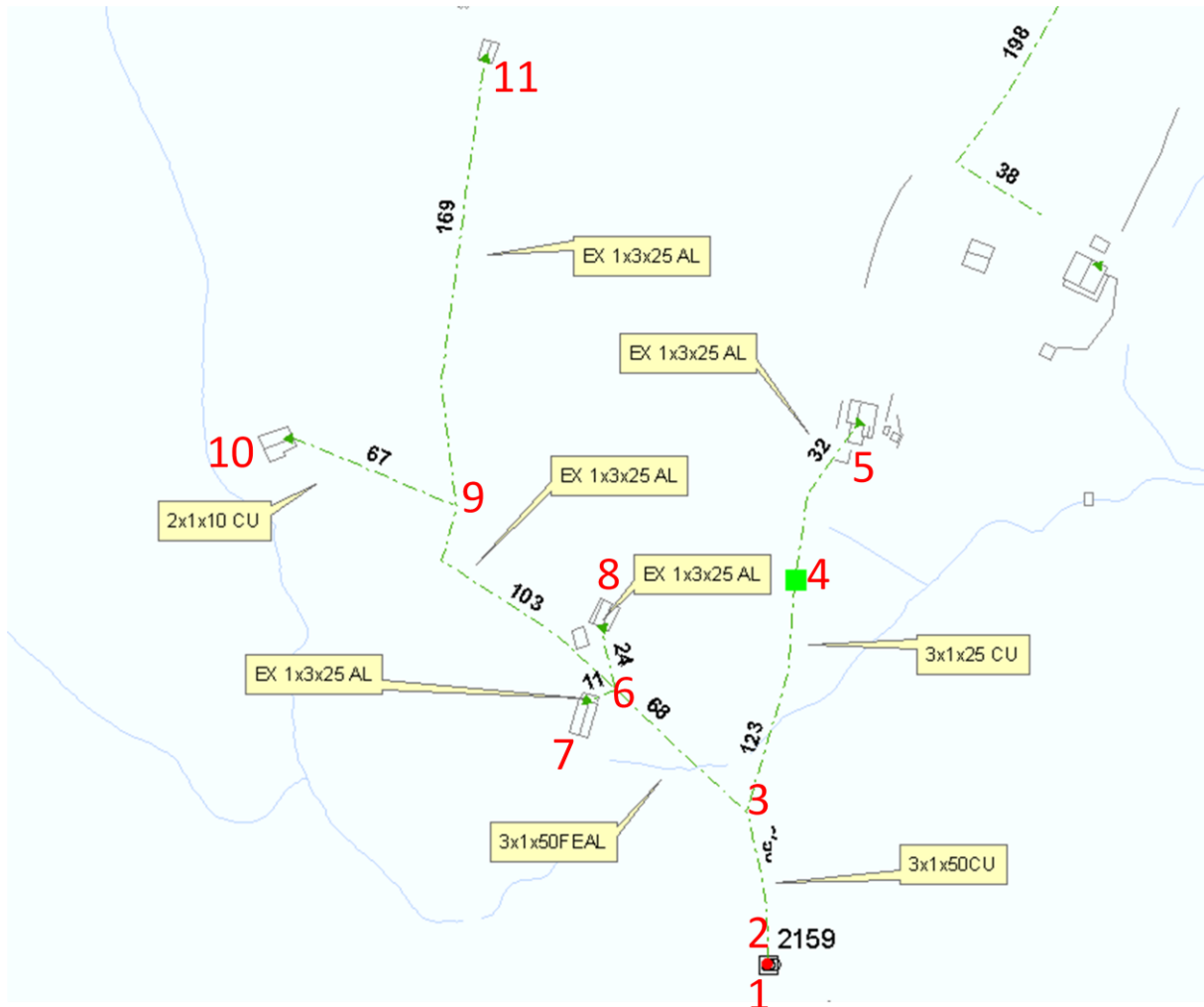
	Høyeste spenning		Laveste spenning		FoL brutt?
	Bus	Spenning	Bus	Spenning	
Ingen produksjon	10 & 11	225,9	4	221,5	Nei
Liten produksjon på bus 4 (+8kW)	10 & 11	226,5	5 & 6	223,2	Nei
Liten produksjon på bus 4 (+8kW cos $\phi = 0,9$)	4	226,9	5 & 6	223,6	Nei
Liten produksjon på bus 11 (+8kW)	11	227,8	4	222,1	Nei
Liten produksjon på bus 11 (+8kW cos $\phi = 0,9$)	11	228,2	4	222,5	Nei
Stor produksjon på bus 4 (+20kW)	4	230,6	5 & 6	224,1	Nei
Stor produksjon på bus 4 (+20kW cos $\phi = 0,9$)	4	231,6	5 & 6	225	Nei
Stor produksjon på bus 11 (+20kW)	11	230,5	4	223	Nei
Stor produksjon på bus 11 (+20kW cos $\phi = 0,9$)	11	231,5	4	223,9	Nei
Stor produksjon hos alle sluttbrukerne (+2,5kW)	10 & 11	227,8	4	224	Nei
Stor produksjon hos alle sluttbrukerne (+2,5kW cos $\phi = 0,9$)	10 & 11	228,7	4	224,9	Nei

Ved liten produksjon bidrar her plusskunden til økt spenning mot den nominelle verdien. Det er her tydelig at en plusskunde vil være et positivt bidrag ved høy belastning av nettet ved at den øker spenningen.

5.2 Svakt nett

5.2.1 Beskrivelse av det svake nettet

Det svake nettet er et linjenett der linjene er lange, og nettet har derfor høy nettimpedans og lave kortslutningsytelser. Figur 5.2 under viser en oversikt over nettet.



Figur 5.2: Svakt nett

I figuren er linjetverrsnitt og linjetype ført opp i "snakkebobler", de sorte tallene angir linjenes lengde i meter og de røde tallene angir hvilket nummer bus'en ble gitt i simuleringsprogrammet.

Transformatoren er mellom punkt 1 og 2. Linjen mellom punkt 2 og 3 er 63 meter. På bus 5, 7, 8, 10 og 11 er det en sluttbruker, som evt. er en plusskunde ved noen scenarioer. Sluttbrukeren på bus 5 er i "høyre gren", resten er i "venstre gren" med bus 3 som siste felles punkt for de to grenene.

5.2.2 Kommentarer angående utførelsen av simulering

I de ulike scenarioene med en plusskunde ble det simulert for tre ulike plasseringer av plusskunden. Disse plasseringene er på bus 5, 7 og 11. Dette er gjort for å se på plasseringen av en plusskunde sin innvirkning på spenningsforhold også i det svake nettet.

5.2.3 Simuleringsresultater med kommentarer

Tabell 5.4 viser resultatene for scenarioene med lav belastning av det svake nettet.

Tabell 5.4: Oversikt over lavlast-scenarier for det svake nettet

	Høyeste spenning		Laveste spenning		FoL brutt?
	Bus	Spenning	Bus	Spenning	
Ingen produksjon	7	235,7	11	228,5	Nei
Liten produksjon på bus 5 (+8kW)	5	240	11	229	Nei
Liten produksjon på bus 5 (+8kW cos $\phi=0,9$)	5	242,1	11	229,6	Nei
Liten produksjon på bus 7 (+8kW)	7	238	11	230	Nei
Liten produksjon på bus 7 (+8kW cos $\phi=0,9$)	7	238,9	11	230,8	Nei
Liten produksjon på bus 11 (+8kW)	11	240,1	10	235,7	Nei
Liten produksjon på bus 11 (+8kW cos $\phi=0,9$)	11	243,5	5	237	Nei
Stor produksjon på bus 5 (+20kW)	5	248	11	230,4	Nei
Stor produksjon på bus 5 (+20kW cos $\phi=0,9$)	5	251,3	11	231,7	Nei
Stor produksjon på bus 7 (+20kW)	7	241,2	11	232,6	Nei
Stor produksjon på bus 7 (+20kW cos $\phi=0,9$)	7	243,5	11	234,8	Nei
Stor produksjon på bus 11 (+20kW)	11	258,2	5	237,7	For høy
Stor produksjon på bus 11 (+20kW cos $\phi=0,9$)	11	263,5	5	239	For høy
Stor produksjon hos alle sluttbrukerne (+4kW)	11	250,9	7	243,9	Nei
Stor produksjon hos alle sluttbrukerne (+4kW cos $\phi=0,9$)	11	243,1	7	242	Nei

Ved to scenarier blir spenningen for høy i forhold til kravene gitt i FoL og er skrevet med røde tall. Det skjer ved lav last og høy produksjon på bus 11 som er sluttbrukeren ytterst i den venstre grenen. Det er også en stor forskjell på spenninger i tilknytningspunktene mellom ingen produksjon og litt egen produksjon. For bus 11 er denne forskjellen på $(240,1 - 228,5) = 11,6V$. Pga disse store endringene for økt produksjon i nettet, blir spenningen i flere av scenarioene tett opptil det øvre kravet til spenning gitt av FoL.

Under er Tabell 5.5 som viser resultatene fra simuleringene av scenarioene ved stor belastning av nettet.

Tabell 5.5 Oversikt over høylast-scenarier for det svake nettet

	Høyeste spenning		Laveste spenning		FoL brutt?
	Bus	Spenning	Bus	Spenning	
Ingen produksjon	7	211,5	11	115,3	For lav
Liten produksjon bus 5 (+8kW)	5	218,4	11	157,6	For lav
Liten produksjon bus 5 (+8kW cos 0,9)	5	220	11	158,7	For lav
Liten produksjon bus 7 (+8kW)	7	214,7	11	159,5	For lav
Liten produksjon bus 7 (+8kW cos 0,9)	7	215,8	11	161,1	For lav
Liten produksjon bus 11 (+8kW)	7	216,4	11	182,3	For lav
Liten produksjon bus 11 (+8kW cos 0,9)	7	217,4	5	184,6	For lav
Stor produksjon bus 5 (+20kW)	5	227,1	11	160,7	For lav
Stor produksjon bus 5 (+20kW cos $\phi = 0,9$)	5	230,9	11	163,1	For lav
Stor produksjon bus 7 (+20kW)	7	219,1	11	165	For lav
Stor produksjon bus 7 (+20kW cos $\phi = 0,9$)	7	221,9	11	168,9	For lav
Stor produksjon bus 11 (+20kW)	7	221	11	209,6	Nei
Stor produksjon bus 11 (+20kW cos $\phi = 0,9$)	7	223,2	11	215,8	Nei
Stor produksjon hos alle sluttbrukerne (+4kW)	7	219,5	11	180,9	For lav
Stor produksjon hos alle sluttbrukerne (+4kW cos $\phi = 0,9$)	7	221,9	11	185,2	For lav

Det er tydelig at økt belastning av nettet vil føre til at bus'ene lengst fra transformatoren kan få for lav spenning i sitt tilknytningspunkt i forhold til kravet gitt i FoL. Det kommer også frem at de ulike sluttbrukerne har veldig forskjellig spenning i sine tilknytningspunkt. Ved ingen produksjon er det en differanse fra laveste til høyeste spenning hos en sluttbruker på $(211,5 - 115,3) = 96,2V$. De eneste scenarioene der spenningene er innefor de gitte kravene, er ved stor produksjon på bus 11. Plusskundens plassering får også mer innvirkning på spenningen. Plusskunden selv vil alltid bidra til økt spenning i eget tilknytningspunkt ved egen produksjon.

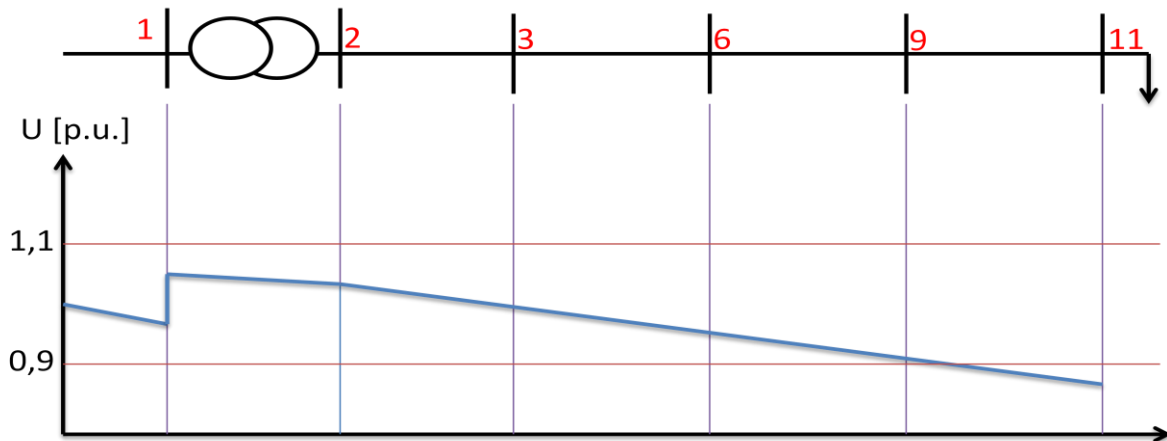
5.3 Delkonklusjon

Generelt når både lasten og produksjonen er lav eller høy, skaper det en slags balanse slik at spenningene i tilkoblingspunktene er innenfor kravene i FoL. Dette gjelder spesielt det sterke nettet. For det svake nettet vil denne balansen mellom belastning og produksjon i distribusjonsnettet være mer spesifisert siden mindre endringer i last/produksjon gir stort utslag i spenningens verdi.

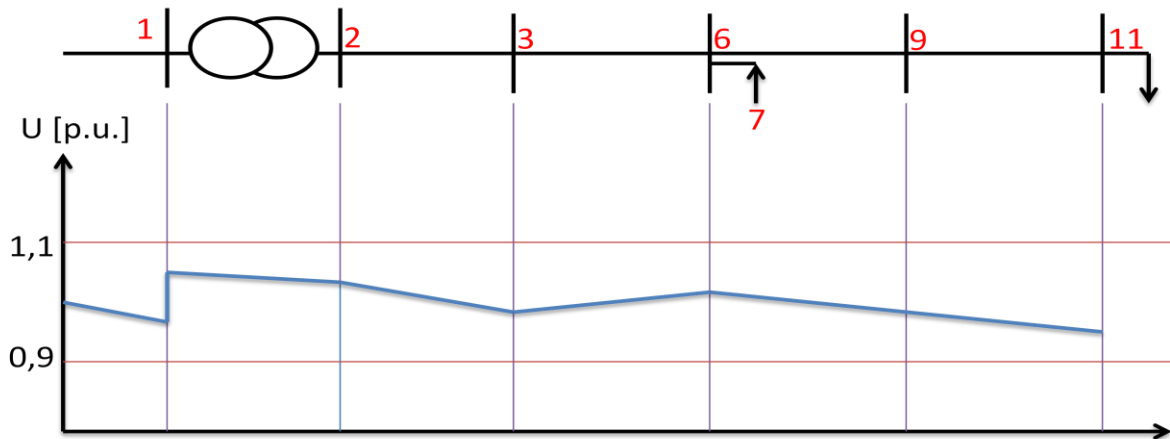
De interessante scenarioene er når lasten er lav og produksjonen er høy eller når lasten er høy og produksjonen er lav. Selv om spenningene funnet i de ulike nettene ikke er direkte sammenlignbare, kan en se at spenningsendringen ved ingen til liten eller stor produksjon er større for det svake enn for det sterke nettet. En effektfaktor på 0,9 er ønskelig ved stor belastning av nettet siden det bidrar til en litt høyere spenningsøkning i nettet. Dette stemmer overens med teorien gitt i kapittelet 3.2.2 om spenningsfall og langvarige spenningsendringer.

Det er det svake nettet som har mest nytte av plusskunder/produksjon i nettet, og det er derfor det som blir omtalt videre. Plasseringen av plusskunden flest sluttbrukere får nytte av er dersom plusskunden er i den venstre grenen i stedet for i den høyre grenen, der det er kun en sluttbruker. Av alle scenarioene for det svake nettet var produksjon ytterst (på bus 11) i nettet det som førte til de høyeste verdiene for høyeste og laveste spenning i sluttbrukernes tilknytningspunkt.

Er spenningen i det svake nettet allerede høy, som ved lav belastning og høy produksjon, er i eksempel nettet bus 7 det beste alternativet. Denne teorien vises ved hjelp av de to figurene under, Figur 5.3 og Figur 5.4. I begge figurene er kun den venstre grenen av det svake nettet med og har kun en forbruker på bus 11. I Figur 5.4 er det en plusskunde med overskuddsproduksjon på bus 7.



Figur 5.3: Spenningsfall i det svake nettet med kun en sluttbruker på bus 11



Figur 5.4: Spenningsfall i det svake nettet med en sluttbruker på bus 11 og en plusskunde med overskuddsproduksjon på bus 7

Begge figurene over er kun for å illustrere spenningsfallet, og de gir ingen nøyaktig angivelse av hvor stort spenningsfallet er over de ulike linjene i nettet. I Figur 5.3 er spenningen på bus 11 utenfor kravene gitt i FoL fordi den er under 0,9 p. u., mens i Figur 5.4 er den innefor kravene. De to figurene over viser hvordan en plusskunde sentralt i den venstre grenen i nettet bidrar til å øke spenningen til sluttbrukeren på bus 11.

6 Viktige dokumenter for plusskunder

Flere dokumenter som omhandler plusskunder eller småkraft har blitt vurdert i forstudiet til denne oppgaven, [29]. Det har kommet nye versjoner av to dokumenter; FIKS av Statnett SF og "ENTSO-E Draft Network Code for Requirements for Grid Connection applicable to all Generators" av ENTSO-E. De to dokumentene er derfor blitt vurdert på ny. For de andre dokumentene studert i forstudiet, vil kun de viktigste punktene bli gjengitt.

6.1 Vedtak av 16. mars 2010

Før dette dokumentet forelå var det vanskelig for en sluttbruker med en lokal elektrisk energiproduksjon å selges sin overskuddskraft. Grunnen til dette var at gjeldende lover og regler gjorde prosessen omfattende for en sluttbruker som ville selge sin kraft til andre. NVEs "Vedtak av 16.mars 2010" beskriver en ordning som forenkler denne prosessen. Dersom ordningen etterfølges innebærer det blant annet dispensasjoner fra flere lover, og at overskuddsproduksjonen må selges til den aktuelle områdekonsesjonæren/nettselskapet. Nettselskapet blir også den plusskunden skal forholde seg til. I ordningen skal nettselskapet lage en tilknytningsavtale med sluttbrukeren som sender inn søknad om å bli plusskunde. Utformingen av en slik tilknytningsavtale er ikke bestemt så lenge de andre kravene i vedtaket blir fulgt. Denne ordningen danner rammen for hva som er tillatt, men har fritt spillerom innenfor disse rammene.

Når det gjelder leveringskvalitet står det: *"NVEs ordning berører kun de forhold nevnt i dette dokumentet, og innebærer ingen endring av rettigheter og plikter til leverings- og spenningskvalitet, tilknytningsplikt, leveringsplikt, anleggsbidrag m. v."* [44]

Hvilke lover/paragrafer det gis dispensasjon fra er grundig redegjort for i forstudiet til denne oppgaven, [29]. Her gis en kort oppsummering av viktige punkter:

Dispensasjoner

- Fra balanseavtale med Statnett
- Fra energiloven § 4-2 om omsetningskonsesjon
- Fra å betale andre tariffledd ved innmating

Tariffering og kostnader

- Plusskunde blir avregnet nettobasert energiledd
- Plusskunde tar kostnad for 4-kvadrantsmåleren
- Områdekonsesjonær kjøper overskuddskraften. Prisen skal reflektere markedspris i aktuelt område

Forhold rundt tilknytningsavtale

- Ordningen er frivillig for begge parter (sluttbruker og områdekonsesjonær)
- Plusskunden skal fremdeles tilfredsstillende gjeldende lover og krav
- Overskuddskraft går til dekning av nettap

6.2 ENTSO-E Draft Network Code for Requirements for Grid Connection applicable to all Generators

6.2.1 Generelt

ENTSO-E er en forkortelse for "European Network of Transmission System Operators for Electricity". Norge er medlem av ENTSO-E gjennom Statnett SF [14]. Som overskriften tilsier er dette kun et utkast, utgave fra 24. januar 2012 (versjonen vurdert i forstudiet var datert 27. oktober 2011), til å bli en "Network Code"(nettverk kode). "Network Codes blir en del av lovverket" [45] er en setning hentet fra presentasjonen til Kjell Barmsnes fra Statnett SF på konferansen Teknologisk Møteplass, den 4. oktober 2011. Den ferdige nettverk koden vil derfor kunne forandre på rammebetingelser i energisektoren i Norge og de andre medlemslandene. [45]

Rapporten deler opp i 4 typer DG-enheter fra A til D (og for offshore), der type A er for ytelser fra og med 400W til en verdi tilkoblet en spenning under 110kV. Grensen til Type B er i ytelse satt av den relevante sentralnettsansvarlig, men ikke høyere enn 1,5MW for de nordiske landene. Kun type A vil bli sett på her, siden 1,5 MW er en lite aktuell størrelse på den aktive effekten overskuddsproduksjonen kan ha. [46]

Det er to punkter som skiller seg ut. Den ene er at DG-enheten skal fortsette å være i drift(/ikke frakobles) innen et gitt tidsrom for frekvenser i nettet, også for frekvenser utenfor de gitt i FoL. Det andre punktet er at effektproduksjonen skal reduseres ved økt frekvens over en gitt verdi.

Ordet "dominoeffekten" vil bli snart bli brukt. Kort forklart menes det at et problem kan oppstå dersom frekvens/spenningen blir lav i distribusjonsnettet. Det er da ønskelig å ha DG-enheter som støtte for å holde frekvensen og spenningen i nettet oppe. Ved lav frekvens og spenning på sin utgang vil imidlertid DG-enhetene utkobles, pga. at systemet er programmert til utkobling ved spenning utenfor grenseverdier (gjør de gitt i FoL), og spenningen reduseres ytterligere. Slik vil en litt for lav frekvens og spenning i distribusjonsnettet kunne føre til et stort fall i spenningen etter hvert som DG-enheter kobles ut og forverre problemet betraktelig.

6.2.1.1 Fortsatt drift ved avvik fra kravene i FoL

I utkastet blir det satt krav til minste tid før en utkobling av DG-enheten kan skje når årsaken er for høy eller for lav frekvens. Det er gitt ulike tidsrom for ulike frekvenser. For de nordiske landene kan en se disse tidene under i Tabell 6.1. I "Article 4.3" står det blant annet at en ikke skal bryte (rammene gitt i) nasjonale lover.

Tabell 6.1 Minste tidsperiode genererende enhet type A skal kunne fortsette driften, for ulike frekvenser (kun utdrag av utkastets tabell) [46]

Synchronous Area	Frequency Range	Time period for operation
Nordic	47.5 Hz – 48.5 Hz	30 minutes
	48.5 Hz – 49.0 Hz	To be decided by each TSO pursuant to Article 4(3), but not less than 30 minutes
	49.0 Hz – 51.0 Hz	Unlimited
	51.0 Hz – 51.5 Hz	30 minutes

Drift utenfor de rammer som er gitt over eller lengre tidsrom enn det gitt i Tabell 6.1 kan etableres med en enighet mellom det relevante TSO, nettselskap og eier av DG-enhet, dersom ikke nasjonale lover tillater TSO å gjøre dette alene. Videre bemerkes: [46]

- Dersom det ikke bryter med Tabell 6.1, skal DG-enhet kunne utkobles automatisk ved spesifiserte frekvenser dersom nettselskapet forlanger det. Dersom ikke nasjonale lover tillater TSO å gjøre dette alene, skal vilkår og innstilte verdier finnes ved enighet, dersom dette ikke er regulert av rammer/lover i nasjonen eller av TSO, av eier av DG-enheten og relevant DSO. [46]

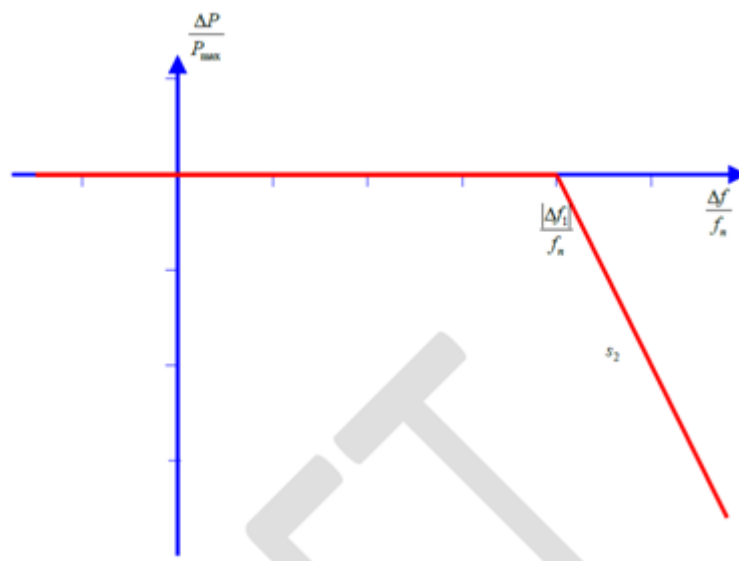
Tabell 6.1 viser at ENTSO-E vil at driften av DG-enheten skal fortsette også utenfor dagens gjeldende krav i FoL, altså nominell frekvens $\pm 2\%$ (49-51Hz) [8]. Kravene i EN50160 trenger ikke bli brutt dersom frekvensen ikke avviker med mer enn 1 % fra nominell frekvens 99,5 % av tiden. Skal disse tidsperiodene overholdes, må FoL endres. [46, 47]

6.2.1.2 Aktiv effekt reduseres ved økt frekvens

- DG-enheten skal ikke utkobles ved frekvensendringer på 2Hz per sekund eller høyere i minst 1,25 sekunder, dersom den ikke blir utkoblet på grunn av avbrudd i nettet. [46]

Dette er nok ment som et tiltak for å unngå at DG-enheten(e) utkobles øyeblikkelig ved problemer i nettet. Slik får nettet minst 1,25 sekunder på seg til å justere frekvensen innefor verdiene som ikke fører til utkobling, slik at denne dominoeffekten ikke skal skje.

- DG-enheten skal ved situasjonen LFSM-O aktivere "aktiv effekt-frekvens respons" for en frekvens mellom 50,2 og 50,5Hz med en statikk (eng: droop) med rekkevidden 2-12 %, se Figur 6.1. Verdien av frekvensrespons og statikk avgjøres av TSO. Den aktive effekt-frekvens responsen skal skje så fort som teknisk mulig og rimelig begrunnet dersom den er lengre enn 2 sekunder. [46]



Figur 6.1 Statikk-karakteristikk [46]

Skulle det bli krav i Norge om dette, vil det sette krav til at en må ha regulator som kan gi en slik droop-karakteristikk. Dette vil mest sannsynlig gjøres ved hjelp av vekselretteren i et solcelleanlegg.

6.2.2 Delkonklusjon

Det er kun små endringer mellom versjonene datert 27. oktober 2011 og 24. januar 2012. Et tillegg er at en kvalitativ før-vurdering skal utføres før en kvantitativ kost-nytte-vurdering for å se om en har noe å tjene på å gjennomføre nettverkskoden for eksisterende generatorer, begge av TSO. Videre angir den nye versjonen for mange punkter at de nasjonale lovene skal følges dersom en eller flere nasjonale lover brytes. Det er fokus på at DG-enheter ikke skal utkobles selv ved midlertidig unormal drift, altså mindre enn de gitte tidsperiodene i Tabell 6.1. ENTSO-E vil ikke at nasjonale lover skal brytes, så dette kan føre til endringer i regelverket i Norge for eksempel når det gjelder tillatt frekvens i tilknytningspunktet. Den endelige nettverkskoden vil publiseres den 14. juli 2012 med støttende dokumenter når ENTSO-E leverer den til ACER for en tre måneders evalueringsperiode. [48]

6.3 Funksjonskrav i kraftsystemet (FIKS)

FIKS er en veileder som "inneholder funksjonskrav som normalt blir lagt til grunn når systemansvarlig fatter vedtak etter forskrift om systemansvaret i kraftsystemet §§ 14 og 20." [49]. § 14 og § 20 av "Forskrift om systemansvaret i kraftsystemet" er gjengitt i vedlegg H. Dokumentet FIKS er skrevet av Statnett SF som er systemansvarlig i Norge.

FIKS har blitt oppdatert fra versjonen fra 2008 som er vurdert i forstudiet [29] til denne oppgaven. En ny versjon er kommet i 2012. Tidligere stod det at for produksjonsanlegg i distribusjonsnett gjelder:

"5.6 Produksjonsanlegg i distribusjonsnett"

Produksjonsanlegg ≥ 1 MVA tilknyttet distribusjonsnett skal ha funksjonalitet som er beskrevet i "Tekniske retningslinjer for tilknytning av produksjonsenheter, med maksimum aktiv effektproduksjon mindre enn 1 MW, til distribusjonsnett"."[49]

FIKS (2008) viste angående tilknytning av produksjonsenheter til lavspenningsnettet til et dokument skrevet av SINTEF Energiforskning AS med tittelen *”Tekniske retningslinjer for tilknytning av produksjonsenheter, med maksimum aktiv effektproduksjon mindre enn 1 MW, til distribusjonsnettet”* [10]. Det dokumentet er ment som et forslag til tekniske retningslinjer for nettselskaper, som deretter kan tilpasses av hvert enkelt nettselskap til å bli retningslinjene de tar i bruk ved tilnytning av produksjonsenheter. Temaer som blir tatt opp er blant annet distribuert produksjonsinnvirkning på nettet, tilfeller som skal føre til ut-/innkobling av DG-enheten, effektfaktor, og analyser og beregninger. Dokumentet ble vurdert i forstudiet og vil bli referert til der det danner basis for et forslag i denne oppgaven.

I 2012-versjonen av FIKS er hele veilederen strukturert annerledes, og det er derfor ikke bare endringer av selve punktet 5.6. Temaet blir dekket i retningslinjenes kapittel ”3 Produksjonsanlegg” i ”3.1 Generelt”. Angående tilknytning av produksjonsenheter under 1 MVA til distribusjonsnettet er følgende bemerket:

”Systemansvarlig kan ved særskilte forhold legge funksjonskravene beskrevet i FIKS til grunn også for produksjonsenheter < 1 MVA, der disse tilknyttes distribusjonsnett. Slike forhold kan være:

Overskredet belastningsgrense termisk eller dynamisk mot regional- eller sentralnettet (stort antall små aggregater).

Produksjonsanlegget (-enhet(er)) har effektreserver til bruk som momentan og kontinuerlig frekvensreserve.

Produksjonsanlegget (-enhet(er)) har en viktig funksjon for spenningsregulering eller separatdrift (forsyningssikkerhet).” [50]

Det siste punktet kan trekkes frem som en formulering som dekker den nevnte dominoeffekten, som kan komme av at DG-enheter utkobles ved for lav spenning. Det er også en ”føre var”-formulering der; dersom det skulle bli nødvendig å sette krav til DG-enheter i distribusjonsnettet, kan Statnett SF vise til dette avsnittet.

”Systemansvarlig presiserer at denne veileder ikke er forskrift eller regelverk. Den gir kun anvisninger om hvilke forhold som systemansvarlig normalt legger til grunn for de vedtak som fattes i medhold av FoS § 14 og FoS § 20. Således gjenspeiler veilederen den praksis som systemansvarlig fører.” [50]

Det er mange andre forandringer mellom de to versjonene av utkastene, som ikke vil bli tatt opp her.

7 Tekniske retningslinjer

Hafslund har allerede retningslinjer for tilknytning av produksjonsanlegg for 230-400V [51]. I dette kapitlet kommer en kort innføring i problemer som kan oppstå ved produksjon av energi i distribusjonsnettet. Deretter gis eventuelle forslag til endringer fra eller tillegg til Hafslunds retningslinjer tilpasset for et solcelleanlegg.

7.1 Valg/innstilling av vekselretter

Det blir delt opp etter temaene som danner grunnlaget for krav til ulike valg eller innstillinger for vekselrettere.

7.1.1 Harmoniske strømmer

Det finnes to fenomener lite dekket i standarder: [52]

- utslipp av harmonisk strøm fra vekselrettere som respons på harmoniske forstyrrelser i nettets spenning
- produksjon av harmonisk strøm pga resonans fenomen mellom nettverk og vekselretterne

Utgangstrømmens kurveform blir som oftest som et resultat av en "strømfeedback-kontroll-loop". Mange vekselrettere kan generere sin egen referanse for 50Hz strøm med interne prosessorer og synkronisering med nettets spenning. Noen vekselrettere kombinerer referansekilden og synkroniseringen til nettspenningen, ved å bruke spenningsformen til nettets spenning som referansekilde. Dersom nettspenningen er forurenset, vil referansekilden også bli forurenset. Det fører til at strømfeedback-kontroll-loop forurenser sitt utgangssignal, som videre fører til at vekselretteren forurenser sin utgangsstrøm. Å filtrere ut denne forurensningen og samtidig oppnå en god helhetlig effektfaktor er vanskelig. [52]

Dersom en ønsker en lite forurenset utgangsstrøm fra en vekselretter i et distribusjonsnett med en forurenset nettspenning, er en god referansekilde på vekselretteren første tiltak. Neste gode tiltak er at vekselretteren skal få høy utgangsimpedans for opptil 40. harmoniske, for å unngå harmonisk strøm på grunn av gjensidig påvirkning med nettets spenning. [52]

En høy utgangsimpedans kan oppnås på en aktiv måte ved å forbedre strømfeedback-kontroll-loop'ens prestasjon. Dette kan gjøres ved å ha en induktans i utgangskretsen til vekselretteren, som lekkasjeinduktansen i en LF-transformator. Dette er kun nyttig ved høy grad av harmoniske frekvenser. For moderne høy switchefrekvens vekselrettere, vil induktanser for de lavere frekvensene være for store til å lett inkluderes i vekselretterskapet og kostbart. [52]

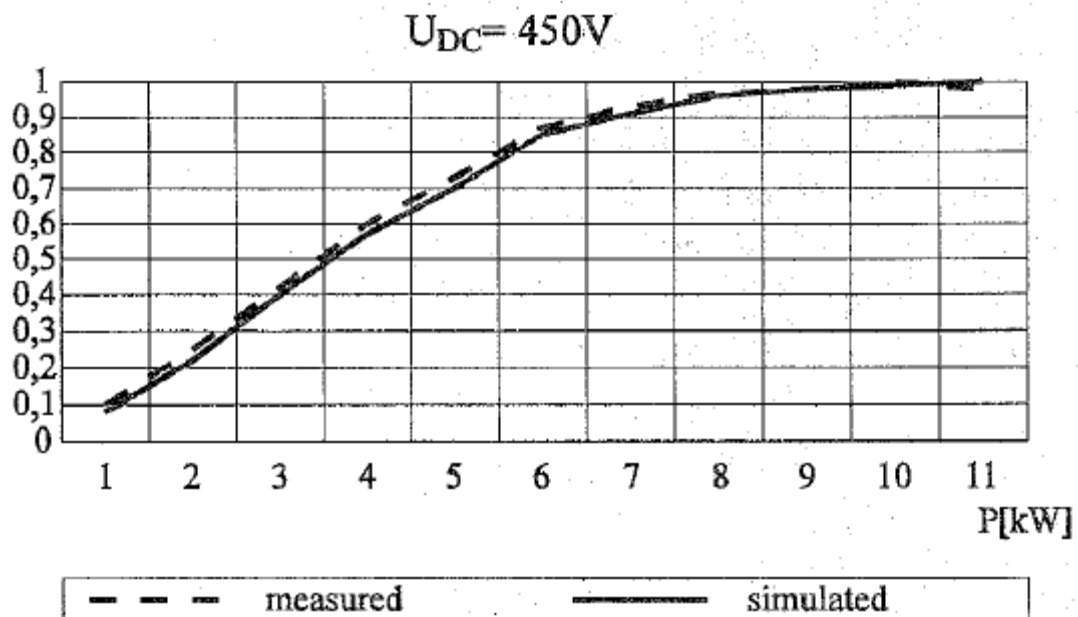
For nettilknyttede vekselrettere med forurenset utgangsstrøm som gjensidig påvirker harmoniske spenninger i nettet, vil denne forurensete utgangstrømmen øke for: [52]

- strømformet referansekilde er kopi av nettspenningen
- utgangsimpedansen som funksjon av frekvensen er lav
- Høy utgangskapasitans

For å minke forstyrrelsene i utgangsstrømmen kan følgende gjøres: [52]

- strømformens referanse blir generert fra intern sinustabell i vekselretteren
- utgangsimpedansen som funksjon av frekvensen er lav
- lav utgangskapasitans (i filter)

Ved bruk av filter er det viktig å legge merke til at effektfaktoren kan endres betydelig for endringer i produsert energi. En vekselretter med filter mot ulike harmoniske strømmer kan variere mellom å være produsent eller forbruker av reaktiv effekt. Se Figur 7.1. [53]



Figur 7.1: Effektfaktor for en 11 kW vekselretter med tyristorbro og filter for 5.harmoniske [53]

Solcelleanlegg i distribusjonsnettene kan føre til dannelse av en resonanssekrets. Fra eksperimentelle laboratorie-resultater, kan en estimert resonansfrekvens kalkuleres med Formel 7-1 fra [52]:

$$f_r = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad \text{Formel 7-1}$$

Hvor

f_r - resonans frekvens [Hz]

L - nettverksimpedans [H]

Reaktans til kabel/linje til sluttbrukerne og i distribusjonstrafo i serie med solcelleanleggets vekselrettere

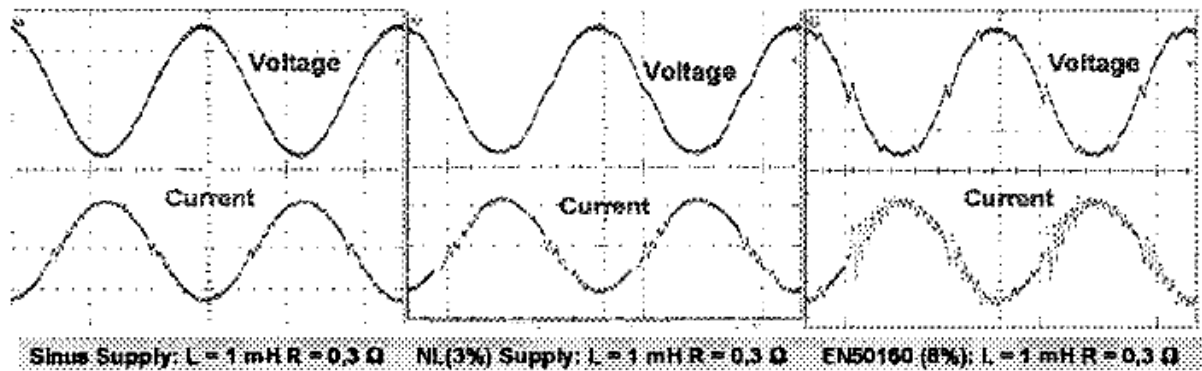
C - nettverkskapasitans [F]

ekvivalent husholdningskapasitans av alle hus, i parallell (antall x C

husstand) Også vekselretteres utgangskapasitans (antall x C vekselretter), bruker 3 μF for husstander og 6 μF for vekselrettere i solcelleanlegg.

J.H.R. Enslin og P.J.M. Heskens, [54], ser på dette og har for et nett med stort sett enfase selvkommuterte VSC-vekselrettere (VSC=Voltage Source Converter). De mener at dersom det er 10-30 husholdninger i et nett med enfase 400V matet fra samme kabel, kan den naturlige resonansfrekvensen være så lav som den 5. harmoniske. [54]

Figur 7.2 viser et eksempel på harmoniske spenninger i nettet sin påvirkning på utgangsstrømmen for en 10kW enfaset vekselretter. Spolen L og resistansen R er i serie med vekselretterne som en ekvivalent impedans for nettet. [54]



Practical results of a PV Inverter under conditions of sinusoidal supply, Dutch average (THD = 3%) and maximum allowable background distortion (THD = 8%) {200 V/div; 5 A/div; 4 ms/div}

Figur 7.2: Utgangsstrøm for en 10kW enfaset vekselretter ved ulike harmoniske spenninger i nettet[54]

For flere målte verdier av harmoniske strømmer og spenninger for vekselrettere med ulike merkebetegnelser, se vedlegg I. De som er interessert i temaet "nettilknyttede solcelleanlegg og harmonisk forstyrrelse" og kan lese nederlandsk vil kunne ha nytte av å lese "PV en PQ interactie en grenzen" [55].

7.1.1.1 EMI

Vekselrettere med høy switchefrekvens er potensielle EMI-kilder, og de trenger derfor filter mot strømmer med høye frekvenser. De trenger også filter mot de forstyrrelsene med lavere frekvenser enn det EMI-filteret tar opp fra den høye switchefrekvensen. Disse filterne består av spoler og kondensatorer plassert på inngangs- og utgangssiden av vekselretteren. [52]

Utgangskondensatorene reduserer prestasjonen til vekselretteren som strømkilde og vil i hovedsak være grunnen for eventuelt å sette opp en resonanskrets med nettets reaktans (spoler, transformatorer.) Strømfeedback-kontroll-loop oppdager eller reduserer ikke dannelsen av resonanskrets dersom den ikke er optimalisert for dette. Da J.H.R. Enslin og P.J.M. Heskes, presenterte sin rapport i 2003 var en slik optimalisering ikke i de forpliktende standardene. [52]

7.1.1.2 Effektfaktor

Det foreslås at krav i Tyskland skal følges. Det vil si at følgende krav skal stilles til vekselretterene i et solcelleanlegg:

Tabell 7.1: Effektfaktor for ulike ytelser for et solcelleanlegg[56]

Ytelsen til solcelleanlegget	Effektfaktor
<3,68kVA	1
3,68-13,8kVA	0,95
>13,8kVA	0,9

7.1.2 Innstilling av vern og øydrift

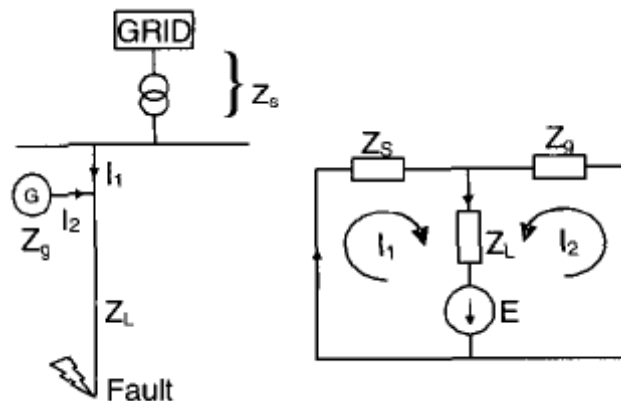
7.1.2.1 Generelt for DG-enheter

Problemer som kan oppstå med distribuert produksjon: [57]

- Feilaktig/unødvendig utkobling av matekabel/linje (sympatisk utkobling)
- Plagende (irriterende/uting) utkobling av produksjonsenheter
- Gjøre vern "blinde"
- Økt eller minket kortslutningsnivå
- Uønsket øydrift
- Forhindret automatisk gjeninnkobling
- Usynkronisert gjeninnkobling

7.1.2.2 Kortslutningsstrøm

Synkrongeneratorer kan mate en høy strøm i et tilfelle av en vedvarende kortslutningsstrøm, mens kortslutningsstrømmen fra et solcelleanlegg kan begrenses. Bidraget til kortslutningsstrømmen fra et solcelleanlegg forventes å være lik merkeverdien for utgangsstrøm til vekselretteren. Dersom en har en stor eller flere små DG-enheter tilknyttet lavspenningsnettet kan feilstrømmen vernet for matekabelen ser, bli minket. Det kan føre til at overstrømsvern ikke løser ut når de burde. Kortslutningsstrømmen et vern foranliggende matekabel/linje ser er mindre enn kortslutningsstrømmen som var uten en eller flere DG-enhet(er) i distribusjonsnettet. Se Figur 7.3.[57]



Figur 7.3 Kortslutningsstrøm i MV nettverk og tilsvarende ekvivalent enfase Thévenin krets[57]

Kortslutningsstrømmen nettet, kalt "GRID" Figur 7.3, ser med en DG-enhet i forhold til kortslutningsstrømmen uten DG-enheten tilkoblet, er gitt av Formel 7-2:

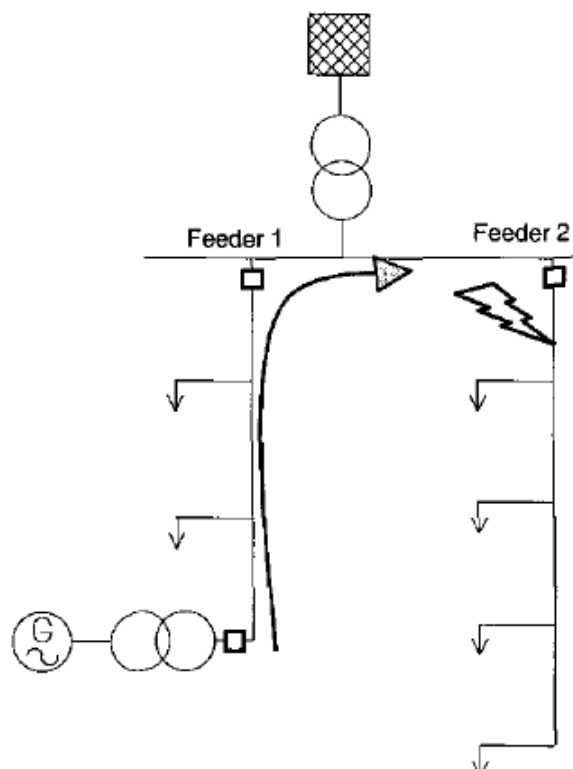
$$\frac{I_1}{I_k} = \frac{Z_g \cdot (Z_s + Z_L)}{Z_g \cdot (Z_s + Z_L) + (Z_g \cdot Z_L)} \quad \text{Formel 7-2}$$

Hvor i Figur 7.3

- I_k - Kortslutningsstrøm "grid" ser før en DG-enhet er tilkoblet i distribusjonsnettet
- I_1 - Kortslutningsstrøm "grid" ser etter en DG-enhet er tilkoblet i distribusjonsnettet
- Z_g - Impedansen til DG-enhet
- Z_s - Impedansen til nettet og transformator
- Z_L - Impedansen til linje/kabel

Av Formel 7-2 kan en se at kortslutningsstrømmen etter DG-enheten kom i nettet, minker i forhold til kortslutningsstrømmen etter, siden telleren vil være mindre enn nevneren blir forholdstallet mindre enn 1. Derfor minker strømmen nettet/("grid") ser før til etter DG-enhet er tilkoblet nettet. Dette kan føre til at grenseverdier for utkobling ikke blir nådd og derfor ikke utkobling ved kortslutning i er nett med DG-enheter tilkoblet. [57]

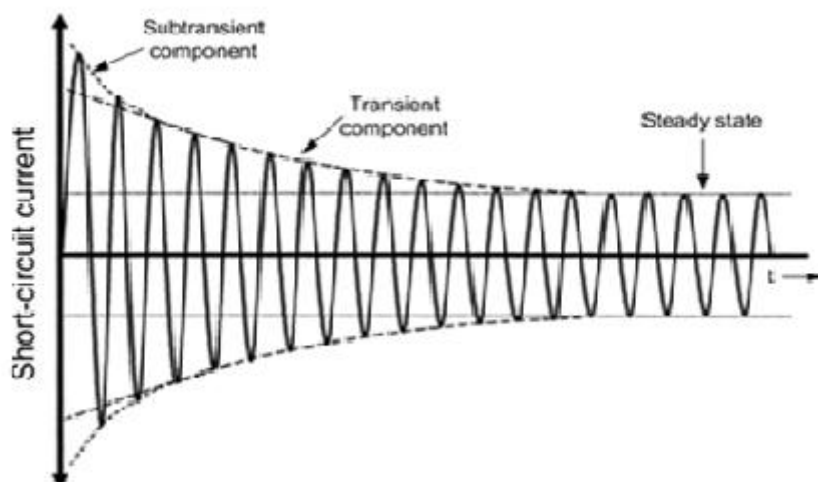
Sympatisk utkobling er at et vern for deler av anlegget frakobles pga feil i annen del i nettet, beskyttet av annet vern. Dette skjer pga kortslutningsstrøm går gjennom delen av nettet uten feil, og derfor går en kortslutningsstrøm. Dette er mest vanlig for synkrogeneratorer. Figur 7.4 viser dette fenomenet.



Figur 7.4: Teori for unødvendig/sympatisk utkobling

For å hindre sympatisk utkobling er retningsbeviste vern løsningen.

Innvirkingen/påvirkningen på kortslutningsstrømmen fra solcelleanlegg er ofte ikke betydelige. Den kan begrenses og har ikke subtransient og transient oppførsel slik som roterende maskiner har. En illustrasjon av subtransient og transient periode er i Figur 7.5. [58]



Figur 7.5: Eksempel på kurveformen til en kortslutningsstrøm fra en synkrongenerator[58]

Siden kortslutningsstrøm avviker lite fra maksimal produksjon kan ikke overstrømsvern benyttes til frakobling ved kortslutning i distribusjonsnettet. Avbrudd må oppdages og frakobles ved hjelp av vekselretteren. [58]

7.1.2.3 Øydrift

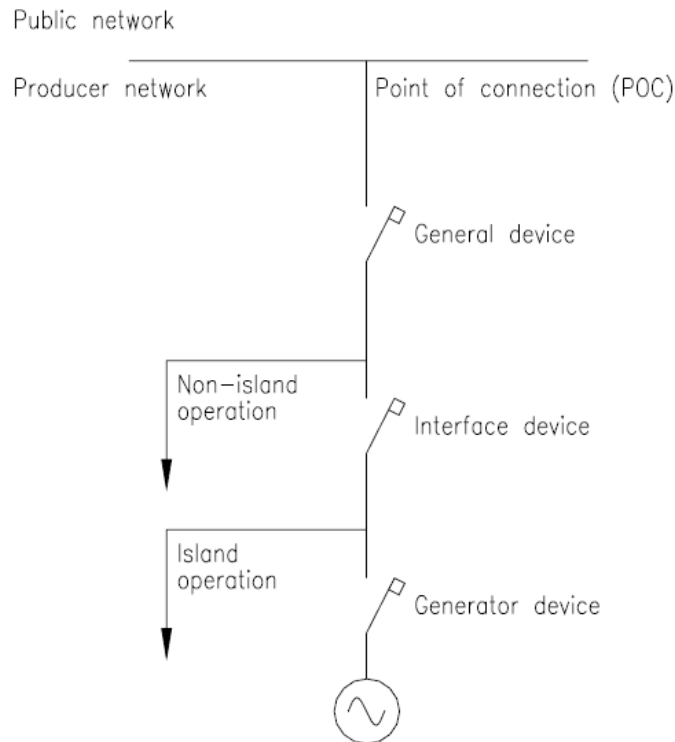
Ulemper med øydrift: [57]

- Gjeninnkobling dersom øyen har vært i drift en stund blir komplisert, spesielt for automatisk gjeninnkobling.
- Det kan igjen føre til skader på utstyr og minske påliteligheten til nettet.
- Nettselskap kan ikke garantere god leveringskvalitet på "øyen".
- Feilstrømmer kan bli for lave slik at kortslutningsvern ikke løser ut ved feil.

For å hindre øydrift: [57]

- DG-enhet kobles ut fra nett ved unormal spenning eller frekvens.
- Dersom en (eller flere) fase(r) er frakoblet på nettet, skal DG koble ut.
- Dersom automatisk gjeninnkobling benyttes, skal DG-enheten utkobles tydelig slik at evt. lysbuer får tid til å slukkes.

Med tanke på at vedlikeholdsarbeid skal foregå uten at strøm mates inn på nettet, vil det være tryggest å ikke tillate plusskunder å drive øydrift. Om det skal være tillatt å drive det som i denne oppgaven blir kalt lokal øydrift, kan vurderes både av fremtidig plusskunde og nettselskapet. Figur 7.6 viser hvordan en slik oppkobling kan gjøres.



Figur 7.6: Enlinjeskjema for generator tilknyttet felles distribusjonsnett med mulighet for lokal øydrift[59]

”Problemer kan derimot oppstå i disse tilfellene hvis produksjonsanlegget fortsetter å levere kraft til den lokale lasten. Dette er gitt at produksjon fra solcellene er i likevekt med forbruket. Det er i slike tilfeller vanskelig å detektere øydrift basert på de tidligere nevnte metodene, så produsenter av vekselrettere må derfor implementere tilleggsfunksjoner som ved siden av spenning- og frekvensmonitorering kan avdekke dette. Disse tilleggsfunksjonene innebærer som regel et sett av algoritmer for å hindre øydrift.” [1]

7.1.3 Spenningsusymmetri

I Hafslunds retningslinjer [51] angis den øvre grensen for enfaset produksjon til på 15kVA. Det gir en fasestrøm på 65,22A for 230V nett og 37,5A for et 400V nett. Se Formel 7-3 og Formel 7-4.

$$I = \frac{S}{U} = \frac{15000}{230} \approx \underline{\underline{65,22A}} \quad \text{Formel 7-3}$$

$$I = \frac{S}{U} = \frac{15000}{400} \approx \underline{\underline{37,5A}} \quad \text{Formel 7-4}$$

For et tilknytningspunkt med lav kortslutningsytelse og 230V nett skal denne øvre grensen for når enfaset produksjons godtas, reduseres til en fasestrøm på opptil 25A og en samlet solcellepaneleffekt på 8,5kWp. For et 230V nett, et solcelleanlegg med en samlet Wp på 8,5 kW og en effektfaktor på gir en fasestrøm for enfaset produksjon på:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \phi} = \frac{8500}{230 \cdot 1,0} \approx \underline{\underline{36,96A}} \quad \text{Formel 7-5}$$

Som forklart i teorien om spenningsfall vil svake nett være mer sensitive for spenningsfall ved produksjon i nettet og derfor også for spenningsusymmetri. Forslagene over går nesten overens med hvor overgangen mellom enfaset og trefaset vekselretter som leverandørene tilbyr for solcelleanlegg er. I databladene fra leverandøren FORNIUS i vedlegg D er overgangen mellom enfaset og trefaset vekselrettere et sted mellom en merkeverdi på 8420W og 12630W.

8 Arbeidsflyt med kommentarer

Et forslag til hele prosessen er i grove trekk gitt for overgangen fra vanlig sluttbruker til plusskunde med et solcelleanlegg. En mer omfattende prosessfigur er gitt av Petterteig, A med flere,[10], og er gjengitt i vedlegg J. Hvert delkapittel er et ledd i prosessen.

8.1 Informasjon og tips på nettselskapets internettsider

Sluttbrukere som ønsker å bli plusskunder skal på sine aktuelle nettselskapers internettsider kunne finne enten en egen side eller en link til en internettside rettet mot de som ønsker å bli plusskunde. "Vedtak av 16-mars 2010" fra NVE [44] er bl.a. et dokument sluttbrukere skal kunne finne på en slik side. For de som vurderer et nettilknyttet solcelleanlegg kan denne oppgaven gi noen tips til for eksempel valg av vekselretter.

8.2 Sluttbrukere tar kontakt med nettselskap for forespørsel om tilknytning som plusskunder

Dersom sluttbrukere har planer om å installere eget produksjonsanlegg, skal de henvises til internettsiden med informasjons nevnt i delkapittelet over. Det vil være gunstig å lese denne informasjonen før en har installert produksjonsanlegget, for da vil nettselskapet kunne påvirke gode valg av komponenter.

Dersom sluttbrukeren har et ferdig produksjonsanlegg, blir det gått videre til neste ledd.

8.3 Informasjonsutveksling

Informasjon og spørreskjema blir sent elektronisk eller i papirform til sluttbruker om ønsket av sluttbruker. Informasjonen svarer på følgende spørsmål:

- Hvilken kommunikasjonskanal vil bli brukt dersom sluttbrukeren har spørsmål? Et mulig svar kan være en mail-adresse og et telefonnummer.
- Hvorfor trenger sluttbrukeren 4-kvadrantsmåler?

Spørsmål som kan bli stilt sluttbruker med et solcelleanlegg

- Kundenummer
- Hva er merkeytelsen til produksjonsanlegget?
- Hvem var ansvarlig for installasjonen? Mulig svar er for eksempel: Snekker Andersen AS og Elektriker Berg AS.
- Hvilken kontaktperson kan nettselskapet forholde seg til?
- Har sluttbrukeren allerede 4-kvadrantsmåler?
- Ønsker sluttbrukeren mulighet for lokal øydrift?

Koblingskjema med følgende data skal være vedlagt svarene som returneres til nettselskapet:

"Koblingskjema

- *Data for generator, regulatorer og magnetiseringssystem*
- *Data for transformatorer*
- *Data for produksjonsrelatert nettanlegg med brytere, linjer og kabler fram til tilknytningspunkt" [10]*

8.4 Bearbeiding av informasjonen

8.4.1 Spenning

Kundenummer vil angi sluttbrukerens plassering i distribusjonsnettet og om det er en nærings- eller privatkunde. Plasseringen i nettet, ytelsen og effekt faktoren vil, som simuleringene i kapittel 5 viser, angi hvor stor endringen i spenningsforholdene i det aktuelle distribusjonsnettet vil være. Vedlegg K, der kortslutningsverdier og endringer i spenningens verdi for aktuell bus er ført opp, viser at en merkeytelse (S) delt på kortslutningsytelsen for aktuelt tilknytningspunkt (Sk) større enn 0,8 %, fører til en spenningsendring på større enn 1 % av den nominelle spenningen for et 230V-nett. Derfor anbefales at grensen for S/Sk når lastflytberegninger skal gjennomføres settes til 0,8 %. Lastflytberegningene skal følge forslaget i retningslinjenes "Vedlegg B.2 Lastflytberegninger", dvs. for scenarioene gitt i Tabell 8.1 [10]:

Tabell 8.1: "Aktuelle lasttilfeller for lastflytberegninger" [10]

Lasttilfelle:	Forkortelse:	Lastuttak i % av maks. last	Innmating i % av maksimum aktiv effektproduksjon
Tunglast med lav produksjon	TLLP	100 %	0 %
Tunglast med høy produksjon	TLHP	100 %	100 %
Lettlast med lav produksjon	LLLp	15 – 25 %	0 %
Lettlast med høy produksjon	LLHP	15 – 25 %	100 %

8.4.2 Harmonisk

Databladet til vekselretteren sammen med ytelsen vil angi prosentandel totalharmoniske strøm. Som nevnt i punkt 7.1.1 er det viktig å være oppmerksom på om det aktuelle distribusjonsnettet er plaget med harmoniske spenninger før tilknytningen av solcelleanlegget til sluttbrukeren. En vekselretter med en referansekilde for dannelsen av utgangsstrømmens kurveform fururensset av nettspenningen vil gi større harmonisk strøm enn ved å kun se på databladet til vekselretteren. [52]

8.4.3 Kortslutningsstrøm

"Ny kortslutningsberegninger må utføres i vurderingsfasen for alle nye DG-enheter." [10]

Forventet bidrag til kortslutningsstrøm er strømverdien ved samlet Wp for solcellepanelene i solcelleanlegget.

8.5 Krav

Kravene vil være de vedtatte nevnt i kapittel 6 og 7. Sluttbrukeren og nettselskapet vil kunne ha muligheter til å gjøre endringer.

Endringer fra sluttbruker kan være:

- Endring av innstillinger av vern
- Få fagperson som autorisert installatør til å stå ansvarlig for den elektriske installasjonen
- Skifte fra enfaset til trefaset produksjon ved å bytte ut vekselretter
- Bytte ut tidligere måler med en 4-kvadrantmåler.

Endringer fra nettselskap kan være:

- Gjøre aktuelt distribusjonsnett sterkere og derfor mindre utsatt for store endringer i størrelsen på harmoniske spenninger.
- Planlegge endringer i verninnstillinger i eller foranliggende distribusjonsnett
- Utføre målinger for å se om kravene i FoL blir oppfylt i sluttbrukerens tilkoblingspunkt før tilknytning av solcelleanlegg

8.6 Drift og oppfølging

Nettselskapet skal ønske å lære til neste tilfelle av prosessen fra sluttbruker til plusskunde og derfor kunne spørre plusskunden om opplevelsen av prosessen frem til nå. Det kan være:

- Hvordan opplevde plusskunden overgangen?
- Hvilken informasjon synes plusskunden manglet på internettside med informasjon nevnt i punkt 8.1?
- Hvor god forståelse har plusskunden for hva en 4-kvadrantsmåler er?
- Har kommunikasjonen ved eventuelle spørsmål vært tilfredsstillende?
- Hvilke forslag har plusskunden til å forbedre prosessen for andre som ønsker å bli plusskunder?

Dersom plusskunden er grunnen til et at kravene i FoL ikke overholdes i distribusjonsnett, følges dette utdraget fra § 2-1 i FoL:

”De som omfattes av denne forskriften skal, dersom deres anlegg er skyld i at bestemmelsene i denne forskriften ikke kan overholdes, utbedre forholdet uten ugrunnet opphold. Utbedringsplikten gjelder ikke for nettkunder, dersom grenseverdiene kun overskrides i eget tilknytningspunkt, og tilknyttet nettselskap ikke opplever problemer som følge av dette.” [8]

Den siste setningen i utdraget over betyr at en plusskunde lovlig vil kunne overskride grenseverdiene dersom det kun rammer ham selv og dersom ikke andre nettkunder eller nettselskapet opplever problemer. Ved tilfeller av klager på at FoL ikke overholdes, vil målinger før produksjonsanlegget ble tilknyttet vise seg veldig viktige. Dersom plusskunden blir tvunget til å ikke kunne mate energi ut på nettet for å foreta målinger, skal plusskunden kunne klage på dette til NVE for å kunne få erstatning for tapte inntekter. [60]

Ved høyere kortslutningsstrøm som fører til utbyttinger i nettet, vil nettselskapet kunne be om anleggsbidrag (, i henhold til § 17-5 i *Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariff* [61]. I mange tilfeller vil det være vanskelig å si at kun én plusskunde er årsak til å måtte gjøre forsterkninger i nettet, og denne vil derfor kun få en andel av det totale anleggsbidraget som skal betales av sluttbrukerne i den aktuelle delen av nettet. *”Anleggsbidrag skal fastsettes uavhengig av kundens forventete energiuttak og kan maksimalt settes til anleggskostnad for anlegget minus tilknytningsgebyr”* [61] (hele paragrafen finnes i vedlegg L)

Ved fremskyndet reinvestering skal anleggsbidraget beregnes av merkostnadene. *”Merkostnaden ved en fremskyndet reinvestering er altså reinvesteringskostnaden fratrukket nåverdien av fremtidig reinvestering som unngås”* [7].

REN blad 3007 har en formel for utregning av anleggsbidrag der merkostnaden ved fremskyndet reinvestering er tatt hensyn til. Formelen kan finnes i vedlegg L.

”Nettselskapene skal på forhånd informere kunden om innkreving av, og beregningsgrunnlaget for, anleggsbidraget.”[7]

8.7 Endringer

Plusskunden skal si ifra dersom

- Endringer i ytelse. To grunner til dette er endring i bidrag til kortsultningsytelse og størrelsen på harmoniske strømmer. Vekselrettere er gjerne oppgitt med en harmonisk strøm som en prosentandel av den grunnharmoniske strømmen. Økt grunnharmonisk strøm fører derfor til større overharmoniske strømmer. Se vedlegg D og vedlegg I.
- Plusskunden flytter eller det er en endring av eier av produksjonsenheten.

9 Konklusjon

Påvirkning plusskunder

Teorien viser at svake nett er mest utsatt for endringer i spenningsparametere ved tilknytning av plusskunder i distribusjonsnettet. Det vil også bety at svake nett kan ha mest nytte av DG-enheter tilkoblet distribusjonsnettet med tanke på langvarige spenninger som vist i resultatene fra simuleringene som ble gjort. Innmatet aktiv (og stort sett reaktiv) effekt i distribusjonsnettet fra plusskunder vil føre til minket nettap og et mindre spenningsfall til plusskundens tilkoblingspunkt. Store produksjonsenheter bør ikke være enfaset med tanke på spenningssymmetri. Plusskunder kan bidra til raske spenningsendringer ved innkobling eller frakobling av solcelleanlegget og ved endrende værforhold.

Solcelleanlegg

Det finnes flere alternativer for utforming av et nettilknyttet solcelleanlegg. Av parametrene nettselskapet er interessert i er vekselrettervalg og den samlede W_p for alle solcellepanelene. Forventet produksjon er lavere enn det merkeverdien skulle tilsi. Dette er på grunn av at solcellepanelene sjeldent er i en drift lik STC, og at total virkningsgrad med tanke på effekt er rundt 77 %.

Simulering sterkt/svakt nett

Simuleringene viser, i likhet med teorien, at plusskunder vil føre til større spenningsendringer i et svakt nett enn i et sterkt. Det er ønskelig at belastning og produksjon følger hverandre i størrelse. Dersom en benytter aircondition, vil den være mye benyttet når solen varmer om sommeren. Slik vil last og produksjon følge hverandre naturlig i størrelse. I Nord-Europa er det få som benytter aircondition om sommeren. Her er det heller slik at lasttopper er forbundet med kaldt vær. Siden solinnstrålingen, og derfor produsert energi, er størst om sommeren, og på sitt laveste om vinteren, vil solcelleanlegg ikke følge det forventede forbruket. [62] [63]

Løsningen sesongmessig vil kunne være å trinne opp eller ned transformatoren. Produksjon fra solcellepanel vil være høyest om sommeren da spenningen uten produksjon i lavspenningsnettet allerede er høy. Om vinteren vil solcellepanelene produsere mindre, og forbruket i nettet vil være stort pga. bl.a. elektrisk oppvarming. Størrelsen på forbruket til en sluttbruker kan forandres ved at han selv oppdager eget forbruk vha. oversikt på et display, samtidig som de blir opptatt av egen produksjon. Spesielt effektivt er dette dersom prisforskjellen mellom kjøp og salg er stor. [62]

Krav til plusskundene

Plusskundens valg av vekselrettere/omformere er viktig for områdekonsesjonær, spesielt med fokus på harmoniske strømmer og sikkerhet for automatisk utkobling ved avbrudd i nettet. ENTSO-E sin nettverk kode vil kunne føre til endringer av krav i Norge. Det kan bli aktuelt å legge inn tidsforsinkelser for når solcelleanlegget skal frakobles ved for lav spenning for å unngå dominoeffekten nevnt tidligere. Dersom spenningen ellers i nettet er lavt er det ønskelig at DG-enheter tilknyttet lavspenningsnettet fortsetter driften for å bidra til å holde spenningen oppe. Det vil kunne føre til at produksjonsanlegg i distribusjonsnettet skal drifte for en gitt tidsperiode, også utenfor kravene gitt i FoL i dag. I tillegg skal vekselrettere måtte kunne minke effektproduksjonen fra

et solcelleanlegg for økende frekvenser over en gitt verdi. Når det gjelder valget av vekselretter, er det beste for liten påvirkning på distribusjonsnettets at strømformens referanse blir generert fra intern sinustabell i vekselretteren, utgangsimpedansen til vekselretteren som funksjon av frekvensen er lav og eventuelt filter har lav utgangskapasitans.

Selv om tilknytning av en ny plusskunde alene ikke ofte vil føre til betydelige nettanalyser, er det viktig å tenke fremtidsrettet slik at en er forberedt på de konsekvenser et økende antall plusskunder i lavspenningsnettets vil kunne gi. Kravene nettselskapet stiller plusskundene burde være lik for to plusskunder med like parametre. Nettselskapene må heller ikke glemme de store spillerommene ordningen til NVE gir for å tilpasse kravene til hver enkel plusskunde.

10 Videre arbeid

Videre arbeid vil innebære å se på teknologien for nettilknyttede vindturbin-anlegg og mindre vannkraftanlegg, på liknende måte som solcelleanlegg er blitt studert i denne oppgaven.

For å bygge videre på fokuseringen på solcelleanlegg kan valget av vekselretter (og andre komponenter) i fullstendige "nettilknyttede solcelleanlegg"-pakker studeres. Det vil være aktuelt for å se på begrunnelsen av valget og hvilke hensyn som er blitt tatt med tanke på å forstyrre/påvirke leveringskvaliteten i nettet minst mulig. Det kan ses på ulike teknologier for strømfeedback-kontroll-loop for vekselrettere for å fokusere på hvordan kurveformen til utgangsstrømmen til ulike vekselrettere dannes.

Vekselretteren i et solcelleanlegg har vist seg å være avgjørende for i hvilken grad solcelleanlegget vil påvirke tekniske forhold i lavspenningsnettet. Det vil kunne være nyttig å gjøre beregninger av forventede verdier, for eksempel av harmoniske strømmer, for ulike vekselrettere for ulike størrelser på harmoniske spenninger i distribusjonsnettet anlegget er tilknyttet.

11 Kilder

1. Biørnstad, H.T., *Vurdering av plusskunder sine rammebetingelser i framtidens distribusjonsnett (SmartGrid) - med fokus på AMS og produksjonsteknologi*, 2012, NTNU. p. 155.
2. NVE. *Plusskunder*. 2010 06.04.2010; Available from: <http://nve.no/no/Kraftmarked/Nettleie/Nettleie-produksjon/Plusskunder/>.
3. *4-Kvadrant figur (med endring av benevninger)*. Available from: <http://www.ellert.info/chopper.htm>.
4. *Forskrift om endring i forskrift om måling, avregning og samordnet opptreden ved kraftomsetning og fakturering av netjtjenester*, in 726, Olje- og energidepartementet, Editor 2011. p. 4.
5. *Forskrift om måling, avregning og samordnet opptreden ved kraftomsetning og fakturering av netjtjenester*, in 301, Olje- og energidepartementet, Editor 1999: Norge. p. 23.
6. Grammeltvedt, E. and E. Borgli, *Avanserte måle- og styringssystem (AMS)*, Høringsdokument februar 2011, N.v.-o. energidirektorat, Editor 2011.
7. Fossdal, M.L. and T. Jonassen, *Beregning av anleggsbidrag - Rundskriv EMP 1/2008*, 2008.
8. Norges vassdrags- og energidirektorat, *Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet*, in 1557, OED (Olje- og energidepartementet), Editor 2004.
9. FARLEX. *Peak value*. The free dictionary 2012 26.04.2012]; Available from: <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/peak+value>.
10. Petterteig, A., et al., *Tekniske retningslinjer for tilknytning av produksjonsenheter, med maksimum aktiv effektproduksjon mindre enn 10 MW, til distribusjonsnettet*, in TR F6343, SINTEF, Editor 2006. p. 56.
11. REN, *Vedlegg 1 Definisjoner (Tilknytnings- og Nettleieavtale for innmatingskunder i Distribusjonsnettet)*, 2011.
12. Kunnskapsforlaget ANS. *Resultat i fremmedordboken for ordet "dispensasjon"*. Available from: www.ordnett.no.
13. International Electrotechnical Commission. *Electropedia*. 2011; Available from: <http://www.electropedia.org/>.
14. ENTSO-E, *ENTSO-E Draft Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators*, 2011.
15. Hafslund Nett AS, *Standard tilknytningsvilkår for næringskunder*. 2006.
16. Justis- og politidepartementet, *Lov om forbrukerkjøp*, 2002.
17. NVE. *Områdekonsesjon*. 2011 16.01.2009 |; Available from: <http://www.nve.no/no/Konsesjoner/Nett/Omradekonsesjoner/>.
18. Store Norske Leksikon. 2011 17.12.2011]; Konsesjon]. Available from: <http://snl.no/konsesjon>.
19. Finansdepartementet, *Lov om merverdiavgift*, in 582009: Lovdata.
20. Statnett SF, *Vedlegg 1, Balanseavtalen*, 2009.
21. SINTEF. *Småkraft*. 2009 24. mars 2009; Available from: <http://www.sintef.no/Miljo/Fornybar-energi/Vannkraft/Smakraft/>.
22. *Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers*2005, London: James & James. XI, 368 s.
23. Nexans, *Kabelhåndboka*, 2006: http://www.nexans.no/eservice/Norway-no_NO/navigate_229143/Vare_brosjyrer.html.
24. CENELEC. *Welcome to CENELEC*. 2011; CENELEC hjemmeside]. Available from: <http://www.cenelec.eu/index.html>.
25. Norges vassdrags- og energidirektorat. *Norges vassdrags- og energidirektorat*. 2011; NVE hjemmeside]. Available from: www.nve.no.

26. Rasjonell Elektrisk Nettvirksomhet AS. 2011; Histore på REN AS hjemmeside]. Available from: <http://www.ren.no/web/guest/historie>.
27. Datele.no. 27 Fasekompensering. Available from: <http://www.datele.no/HTML/MEK.%201/Mek%201-filer/HUSKELAPPEN-filer/ELEKTROTEKNIKK-filer/ELEKTROTEKNIKK/027-FASEKOMPENSERING.htm>.
28. Skarven Forlag. 2.5 ELEKTRISK ARBEID OG ELEKTRISK EFFEKT. 09.01.2011 16.06.2012]; Available from: <http://www.elsiden.no/eltekn/likestr/25arbeid.htm>.
29. Tranøy, H., *Tekniske krav til plusskunder*, 2011.
30. Crowley, I.F. and H.F. Leung, *PWM Techniques: A Pure Sine Wave Inverter*, in *Worcester Polytechnic Institute* 2011
31. Dale, N.J. and H. Tranøy, *Utfordringer i fremtidens kraftnett*, in *Avdeling for ingeniørutdanning, Institutt for elektrofag, Studieretning Elkraftteknikk* 2007, Høgskolen i Bergen. p. 85.
32. Rørslett, D., *Stor interesse for folkevindmøller*, in *Teknisk ukeblad* 2012, Jan M. Moberg. p. 80.
33. NVE, E., Norges forskningsråd og Innovasjon Norge. *En informasjonsressurs for fremtidens energisystemer*. 2012 16.04.2012]; Available from: <http://www.fornybar.no/>.
34. Norsk solenergiforening. *Solenergi*. 2012 16.04.2012]; Available from: <http://www.solenergi.no/>.
35. Skjøberg Energiteknikk. *Solenergi - helt gratis, helt ren*. 2012 16.04.2012]; Available from: <http://www.skjolberg.com/>.
36. Virtual Labs at Amrita Vishwa Vidyapeetham. *Solar Panel Experiment (Remote Trigger), Theory*. 17.06.2012]; Available from: <http://amrita.vlab.co.in/?sub=1&brch=195&sim=360&cnt=1>.
37. Northern Arizona Wind & Sun. *Solar Electric Power Systems*. 2012; Available from: <http://www.windsun.com/index.htm>.
38. SINTEF Energiforskning AS. *Lyntetthetskart (ruter)*. 2012 13.06.2012]; Available from: <http://www.sintef.no/SINTEF-Energi-AS/Lyn-i-dag/Informasjon/Lyntetthetskart-ruter/>.
39. Solar energy at home. *The solar power inverter*. 20.06.2012]; Available from: <http://www.solar-energy-at-home.com/solar-power-inverter.html>.
40. Lenardic, D. *Inverters*. 7th Feb, 2011 18.06.2012]; Available from: <http://www.sunenergysite.eu/en/inverter.php>.
41. Volker Quaschnin. *Technology Fundamentals*. Photovoltaic systems 2004 01/2004 28.06.2012]; Available from: <http://www.volker-quaschning.de/articles/fundamentals3/index.php>.
42. Korneliussen, T., *Jordningshåndboka* 2010: Elforlaget.
43. National Renewable Energy Laboratory. *How to Change Parameters*. 2011 06.06.2011; Available from: http://www.nrel.gov/rredc/pvwatts/changing_parameters.html.
44. Jonassen, T. and M.L. Fossdal, *Håndtering av plusskunder og vedtak om dispensasjon fra forskrift 302 om økonomisk og teknisk rapportering m.v.*, NVE, Editor 2010. p. 4.
45. Barmsnes, K. *ENTSO-Es arbeid med Network Codes og hvordan dette vil påvirke oss*. in *Teknologisk Møteplass*. 2011. Oslo.
46. ENTSO-E, *ENTSO-E Draft Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators*, 2012, ENTSO-E: <https://www.entsoe.eu/consultations/document/docdetails.do?uid=0004-be44-30e2-8240-60ce&>.
47. CENELEC, *EN50160:2010*, 2010.
48. ENTSO-E. *ENTSO-E Draft Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators (Infosiden)*. 2012 03.07.2012; Available from: <https://www.entsoe.eu/resources/network-codes/requirements-for-generators/>.
49. Bruun, E., et al., *Veileder for funksjonskrav i kraftsystemet i Norge*, 2008. p. 79.
50. Statnett SF, *Funksjonskrav i kraftsystemet*, 2012.
51. Ryen, K., *Tilknytning av produksjonsanlegg 230 - 400V*, Nettutvikling, Editor 2006, Hafslund Nett AS:

- http://ekstranett.hafslund.no/arkiv/ekstranettarkiv/xtranett_les/Retningslinjer_historiske/TOM_2006/11_Leveringskvalitet_tilknytning/11_02_Tilknytning_produksjon_230_400V.pdf.
52. Heskes, P.J.M. and J.H.R. Enslin, *Power Quality behaviour of different PV inverter topologies*, in *PCIM-2003, 24th International Conference May 20-23, 2003* 2003: Nürnberg, Tyskland.
 53. Kempe, A. and U. Schonwandt. *EMC of PV-plants with line-commutated inverters*. in *Photovoltaic Specialists Conference, 1996., Conference Record of the Twenty Fifth IEEE*. 1996.
 54. Enslin, J.H.R. and P.J.M. Heskes, *Harmonic interaction between a large number of distributed power inverters and the distribution network*. *Power Electronics, IEEE Transactions on*, 2004. **19**(6): p. 1586-1593.
 55. Cobben, J.F.G.S., *PV en PQ interactie en grenzen*, in *Faculteit Elektrotechniek 2002*, Eindhoven, University of Technology <http://alexandria.tue.nl/extra1/afstversl/E/557787.pdf>.
 56. Mastervolt. *Reactive Power*. Info Bulletin Solar [Info Bulletin V1.6] 21.06.2012]; Available from: <http://images.mastervolt.nl/files/IBreactivepowerv10.pdf>.
 57. Kauhaniemi, K. and L. Kumpulainen. *Impact of distributed generation on the protection of distribution networks*. in *Developments in Power System Protection, 2004. Eighth IEE International Conference on*. 2004.
 58. Phuttapatimok, S., A. Sangswang, and K. Kirtikara. *Effects on short circuit level of PV grid-connected systems under unintentional islanding*. in *Sustainable Energy Technologies, 2008. ICSET 2008. IEEE International Conference on*. 2008.
 59. CENELEC, *Requirements for the connection of generators above 16 A per phase - Part 1: Connection to the LV distribution system*, C.T. 8X, Editor 2011.
 60. Hafslund Nett AS, *Hafslund Netts standard tilknytningsvilkår for forbrukerkunder*. 2007: p. 12.
 61. *Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariff*, Olje- og energidepartementet, Editor 1999: Norge. p. 30.
 62. International Energy Agency, *Impacts of power penetration from photovoltaic power systems in distribution networks*, 2002.
 63. Martinsen, G., et al., *Smarte hus*, in *TET 4850 SMARTE NETT 2011*, NTNU: <http://www.smartgrids.no/content/57/Publikasjoner-og-rapporter>.
 64. Fronius International GmbH. *FORNIUS IG*. 19.06.2012]; Available from: <http://www.getek.no/brosjyrer/FroniusIG.pdf>.
 65. Fronius International GmbH. *FORNIUS IG PLUS*. 19.06.2012]; Available from: http://www.getek.no/brosjyrer/FroniusIG_plus.pdf.

12 Vedlegg

Vedlegg A: Beregning av kortslutningsytelse

Parametrene til transformator og kabler/linjer er for det tenkte sterke og svake nettet i vedlegg 0.

Tabell 12.1 viser verdiene for impedansen for transformatoren og kablene i det sterke nettet.

Tabell 12.1 Impedanser i det sterke nettet

Rtrafo	0,000619	[ohm]			
Ztrafo	0,003262	[ohm]			
Xtrafo	0,003202	[ohm]			
R bus 2-3	0,0125	[ohm]	R bus 3-4	0,084	[ohm]
X bus 2-3	0,0072	[ohm]	X bus 3-4	0,00574	[ohm]
			R bus 3-11	0,036	[ohm]
			X bus 3-11	0,00246	[ohm]

Kortslutningsstrømmene og kortslutningsytelsene ble funnet vha. Formel 3-1 og Formel 3-2. Resultatene er vist i Tabell 12.2:

Tabell 12.2 Kortslutningsstrømmer og kortslutningsytelser i det svake nettet

Bus 4			Bus 11		
Rk bus 4	0,0971	[ohm]	Rk bus 11	0,0491	[ohm]
Xk bus 4	0,0162	[ohm]	Xk bus 11	0,0129	[ohm]
Zk bus 4	0,0985	[ohm]	Zk bus 11	0,0508	[ohm]
Ik bus 4	1 990,2	[A]	Ik bus 11	3 858,2	[A]
Sk bus 4	827 316,8	[VA]	Sk bus 11	1 603 821,2	[VA]

Tabell 12.3 viser verdiene for impedansen for transformatoren og kablene i det sterke nettet.

Tabell 12.3 Impedanser i det svake nettet

Rtrafo	0,004205	[ohm]
Ztrafo	0,012442	[ohm]

Xtrafo	0,011710	[ohm]							
R bus 2-3	0,022491	[ohm]	R bus 3-4	0,087822	R bus 4-5		0,0384		
X bus 2-3	0,021294	[ohm]	X bus 3-4	0,044157	X bus 4-5		0,002624		
			R bus 3-6	0,024412	R bus 6-7		0,0132		
			X bus 3-6	0,02142	X bus 6-7		0,000902		
					R bus 6-9	0,1236	R bus 9-11	0,2028	
					X bus 6-9	0,008446	X bus 9-11	0,013858	

Kortslutningsstrøm og kortslutningsytelser for de ulike sluttbrukerene i bus 5, 7 og 11 er utregnet og resultatene vist i Tabell 12.4.

Tabell 12.4 Kortslutningsstrømmer og kortslutningsytelser i det svake nettet

Bus 5			Bus 7			Bus 11		
Rk bus 5	0,1529	[ohm]	Rk bus 7	0,0643	[ohm]	Rk bus 11	0,3733	[ohm]
Xk bus 5	0,0805	[ohm]	Xk bus 7	0,0561	[ohm]	Xk bus 11	0,0650	[ohm]
Zk bus 5	0,1728	[ohm]	Zk bus 7	0,0853	[ohm]	Zk bus 11	0,3789	[ohm]
Ik bus 5	1 133,9	[A]	Ik bus 7	2 297,0	[A]	Ik bus 11	0,7	[A]
Sk bus 5	471 349,8	[VA]	Sk bus 7	954 845,3	[VA]	Sk bus 11	302,8	[VA]

Vedlegg B: Beregning av spenningsfall

Spenningsfall med U_1 som referanse (basert på løsningsforslag på øving 1 i fordypningsemnet ELK-10 "Leveringskvalitet")

$$\vec{U}_1 = \sqrt{3} \cdot \vec{Z} \cdot \vec{I}_2 + \vec{U}_2 \quad \text{Formel 12-1}$$

$$\vec{S}_2 = \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot \vec{I}_2^* \Rightarrow \vec{I}_2 = \frac{\vec{S}_2^*}{\sqrt{3} \cdot \vec{U}_2^*} \quad \text{Formel 12-2}$$

Formel 12-2 settes inn i Formel 12-1

$$\begin{aligned} \vec{U}_1 &= \sqrt{3} \cdot \vec{Z} \cdot \frac{\vec{S}_2^*}{\sqrt{3} \cdot \vec{U}_2^*} + \vec{U}_2 \frac{\vec{S}_2^*}{\sqrt{3} \cdot \vec{U}_2^*} \\ \Rightarrow \vec{U}_1 \cdot \vec{U}_2^* &= \vec{Z} \cdot \vec{S}_2^* + \vec{U}_2 \cdot \vec{U}_2^* \end{aligned} \quad \text{Formel 12-3}$$

$$\vec{Z} = R + jX$$

$$\vec{S}_2 = P + jQ, \vec{S}_2^* = P - jQ$$

$$\vec{U}_1 = \text{reel (vinkel 0 grader)}$$

$$\vec{U}_2 = a + jb, \vec{U}_2^* = a - jb$$

(3) forsetter og fører inn verdiene listet over

$$\begin{aligned} U_1 \cdot \vec{U}_2^* &= \vec{Z} \cdot \vec{S}_2^* + \vec{U}_2 \cdot \vec{U}_2^* \\ \Rightarrow U_1 \cdot (a - jb) &= (R + jX) \cdot (P - jQ) + (a + jb)(a - jb) \end{aligned} \quad \text{Formel 12-4}$$

Reel del trekkes ut av Formel 12-4

$$U_1 \cdot a = (R \cdot P) + (X \cdot Q) + a^2 + b^2 \quad \text{Formel 12-5}$$

Imaginær del av Formel 12-4

$$-U_1 \cdot jb = -j(R \cdot Q) + j(X \cdot P) \quad \text{Formel 12-6}$$

Formel 12-5 gir andregradslikningen

$$0 = a^2 - (U_1 \cdot a) + (R \cdot P) + (X \cdot Q) + b^2 \quad \text{Formel 12-7}$$

Fra Formel 12-6 vi få følgende formel for b:

$$b = \frac{(R \cdot Q) - (X \cdot P)}{U_1} \quad \text{Formel 12-8}$$

Andregradslikningen, Formel 12-7, løses for a ved å sette inn Formel 12-8 for b:

$$a = \frac{U_1 \pm \sqrt{U_1^2 - 4 \cdot [(R \cdot P) + (X \cdot Q) + \left(\frac{(R \cdot Q) - (X \cdot P)}{U_1}\right)^2]}}{2} \quad \text{Formel 12-9}$$

\vec{U}_2 finnes ved å benytte Formel 12-8 og Formel 12-9:

Spenningsfallet er differansen mellom \vec{U}_1 og \vec{U}_2 :

$$\Delta U = |\vec{U}_1| - |\vec{U}_2| \quad \text{Formel 12-10}$$

Eksempelet i gitt i kapittel 3.2.2 .

Trefase: $U_1=230V$, $P_2=5kW$, $\cos \phi=0,9$, $R=0,2 \Omega$ og $X=1 \Omega$

$$Q = P \cdot \tan \phi = 2421,6VAr$$

$$\vec{U}_2 = a + jb$$

Hopper direkte til bruk av Formel 12-8, Formel 12-9 og Formel 12-10:

$$a = \frac{U_1 \pm \sqrt{U_1^2 - 4 \cdot [(R \cdot P) + (X \cdot Q) + \left(\frac{(R \cdot Q) - (X \cdot P)}{U_1}\right)^2]}}{2}$$

$$a = \frac{230 \pm \sqrt{230^2 - 4 \cdot [(0,2 \cdot 5000) + (1 \cdot 2421,6) + \left(\frac{(0,2 \cdot 2421,6) - (1 \cdot 5000)}{230}\right)^2]}}{2}$$

$$a = 115 \pm 97,0 \Rightarrow \underline{212,0} \quad \text{og} \quad \underline{18,0} \text{(ikke realistisk løsning)}$$

$$b = \frac{(R \cdot Q) - (X \cdot P)}{U_1} = \underline{-19,6}$$

$$|U_2| = \sqrt{a^2 + b^2} = \underline{212,9 \text{ Volt}}$$

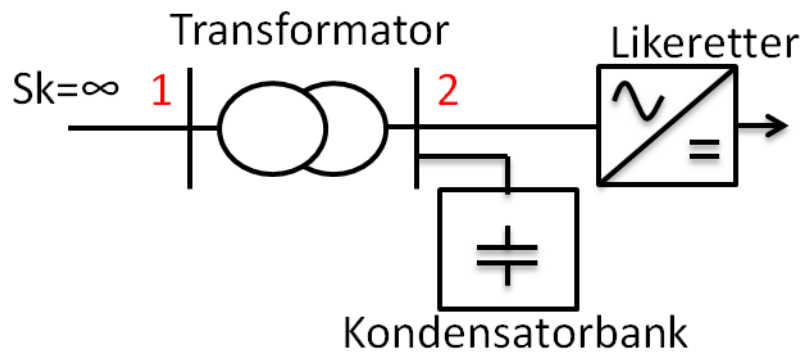
$$\Delta U = |U_1| - |U_2| = 230 - 212,9 = \underline{\underline{17,1 \text{ Volt}}}$$

Spenningsfallet i eksempelet er på ca. 17,1 Volt.

Vedlegg C: Beregning av harmoniske spenninger

Forenklet eksempel

Et eksempelnett er vist under i Figur 12.1.



Figur 12.1: Eksempelnett for harmoniske beregninger

Andre opplysninger:

Trafo:

$S_N=200\text{kVA}$, $U_{n2}=240\text{V}$, $e_r=1,46\%$, $e_x=4,065\%$

Kondensatorbank:

$S_n=200\text{kVA}$, $U_n=240\text{V}$

Likeretter:

6puls og trekker 25A

For en likeretter er tallet på nummeret (antall ganger grunnharmoniske) på de overharmoniske strømmene gitt av hvilken teknologi som har blitt brukt i den, og er gitt av Formel 12-11.

$$n = (x \cdot k) \pm 1 \quad \text{Formel 12-11}$$

Hvor:

- n - antall ganger den grunnharmoniske frekvensen
- x - er teller (1, 2, 3, 4, ...)
- k - pulsnummeret på likeretteren

Den forventede størrelsen på de ulike harmoniske strømmene fra en likeretter er gitt av

$$I_n = \frac{I_1}{n} \quad \text{Formel 12-12}$$

Hvor:

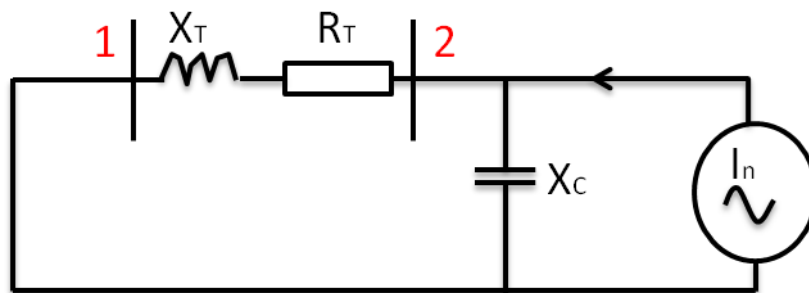
- I - strømmens størrelse
- n - antall ganger den grunnharmoniske frekvensen

Skal finne harmonisk spenning:

$$n = (x \cdot k) \pm 1 \Rightarrow n = (x \cdot 6) \pm 1 = 5, 7, 11, 13, \dots$$

$$I_n = \frac{I_1}{n}$$

Det blir kun sett på 5. harmonisk strøm og spenning her. Ekvivalentkrets av nettet for den n. (den "n'te") harmoniske er vist i Figur 12.2.



Figur 12.2: Ekvivalentkrets for den n. harmoniske strømmen

Grunnharmonisk:

$$R_T = \frac{e_r}{100\%} \cdot \frac{U_{n2}^2}{S_n} = \frac{1,46\%}{100\%} \cdot \frac{240^2}{200\,000} = 0,0042 \, \Omega$$

$$X_{Tl} = \frac{e_x}{100\%} \cdot \frac{U_{n2}^2}{S_n} = \frac{4,065\%}{100\%} \cdot \frac{240^2}{200\,000} = 0,0117 \, \Omega$$

$$X_{Cl} = \frac{U_n^2}{S_n} = R_T = \frac{240^2}{200\,000} = 0,288 \, \Omega$$

I eksempelnettet i Figur 12.2 skjer også nesten en parallellresonans når $X_{Ll} \cdot n + \frac{X_{Cl}}{n} = 0$.

Frekvensen det skjer får er:

$$jX_{T1} \cdot n - j \frac{X_{C1}}{n} = 0 \Rightarrow -X_{T1} \cdot n^2 + X_{C1} = 0$$

$$\Rightarrow n = \sqrt{\frac{X_{C1}}{X_{T1}}} \Rightarrow n = \sqrt{\frac{0,288}{0,0117}} = \underline{\underline{4,961}}$$

Prøver derfor med 5. harmonisk:

$$X_{Tn} = X_{T1} \cdot n \Rightarrow X_{Tn} = 0,0042 \cdot 5 = \underline{\underline{0,021 \Omega}}$$

$$X_{Cn} = \frac{X_{C1}}{n} \Rightarrow X_{C5} = \frac{X_{C1}}{5} = \frac{0,288}{5} = \underline{\underline{0,0576 \Omega}}$$

$$|Z_5| = \left| \frac{-jX_{C5} \cdot (R_T + jX_{T5})}{-jX_{C5} + (R_T + jX_{T5})} \right| = \left| \frac{-jX_{C5} \cdot (R_T + jX_{T5})}{-jX_{C5} + (R_T + jX_{T5})} \right| \approx \underline{\underline{0,0335 \Omega}}$$

$$U_5 = |Z_5| \cdot I_5 = 0,0335 \cdot 5 = \underline{\underline{0,1675V}}$$

Den 5.harmoniske spenningen blir på 0,1675V.

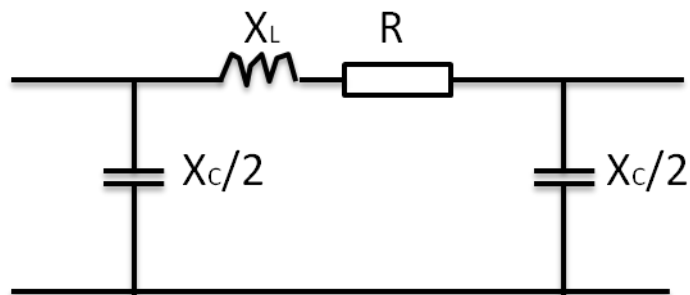
Uten motstand i nettet skjer parallellresonans når $X_{L1} \cdot n + \frac{X_{C1}}{n} = 0$. Det kommer frem av Formel 12-13 under.

$$X_n = \frac{X_{Ln} \cdot X_{Cn}}{X_{Ln} + X_{Cn}} = \frac{X_{L1} \cdot n \cdot \frac{X_{C1}}{n}}{X_{L1} \cdot n + \frac{X_{C1}}{n}} \quad \text{Formel 12-13}$$

Mindre forenklet eksempel:

Samme formler brukt her dersom bus 5 hadde vært alene i det svake nettet simuleringene i kapittel 5:

Gjør obs på at det har blitt brukt pi-modeller for linjene/kablene slik som illustrert under i Figur 12.3, så to kondensatorer ved siden av hverandre er blitt addert:



Figur 12.3: Pi-modell for linje/kabel

Andre forklaringer for tabellene under:

- (pol) betyr i polar form, altså absoluttverdi og vinkel
- (rec) betyr rektangulær form; altså med reel og imaginær del

Det blir gått lagd ekvivalentimpedanser fra trafoen "mot" bus 5 på lignende måte eksempelet over med likeretter.

Teller, nevner og for eksempel "X x C" er fylt inn Tabell 12.5 til Tabell 12.8 kommer av Formel 12-14 for ekvivalent impedans for en kondensator i parallell med en motstand og spole koblet i serie. parallell.

$$Z = \frac{-jX_C \cdot (R + jX_L)}{-jX_C + (R + jX_L)} = \frac{(X_C \cdot X_L) - (jX_C \cdot R)}{R + j(X_L - X_C)} \quad \text{Formel 12-14}$$

Hvor

Z - ekvivalent impedans for parallellkoblingen

Formelen ble omskrevet til

$$Z = \frac{X \cdot C - j(C \cdot R)}{R + j(X - C)} \quad \text{Formel 12-15}$$

Formel 12-15 er ikke er korrekt dersom en bruker enhetene som vanlig. Det ble gjort slik kun for å danne et system med færre tegn i excel-filen. Altså er Formel 12-14 blitt fulgt som vanlig, men for eksempel verdien for impedansen til en kondensator er merket C i stedet for X_C slik som vist i Formel 12-15.

Tabell 12.5 Verdier for impedans i trafo og linje bus 2-3

Rtrafo	0,004205	[ohm]	R bus 2-3	0,022491	[ohm]
Ztrafo	0,012442	[ohm]	X bus 2-3	0,021294	[ohm]
Xtrafo	0,011710	[ohm]	XCd	1,66E+03	[ohm]
			XCd/2	8,32E+02	[ohm]

Tabell 12.6 Verdier for impedans for linje bus 3-4 og linje bus 4-5

R bus 3-4	0,087822	[ohm]	R bus 4-5	0,0384	[ohm]
X bus 3-4	0,044157	[ohm]	X bus 4-5	0,002624	[ohm]
XCd	9,03E+02	[ohm]	XCd	3,58E+01	[ohm]
XCd/2	4,52E+02	[ohm]	XCd/2	1,79E+01	[ohm]

Tabell 12.7 Utregning av ekvivalent impedans tom. bus2 og tom. bus 3

Parallell tom. bus2 ekvivalent			Parallell tom. bus3 ekvivalent	
X x C	9,747501		42,381421	
R x C	3,500251		34,280904	
R	0,004205		0,026696	
X - C	-832,430085		-1 284,112399	
Regnet for hånd:				
Teller (pol)	10,3569	-19,7528	54,5102	-38,9682
Nevner (pol)	832,430085	-90	1 284,110000	-89,9988
Total Z (pol)	0,012441766	70,2472	0,04244979	51,0306
Total Z (rec)	0,0042045	0,0117096	0,0267	0,033

Tabell 12.8 Utregning av ekvivalent impedans tom. bus4 og tom. bus 5

Parallell tom. bus4 ekvivalent			Parallell tom. bus5 ekvivalent	
X x C	36,232317		1,426142	
R x C	53,778626		2,736939	
R	0,114522		0,153000	
X - C	469,514940		-17,808765	
Regnet for hånd:				

Teller (pol)	64,8454	-56,03		3,08621388	-62,4772464
Nevner (pol)	469,515000	-89,986		17,809422	-89,5077683
Total Z (pol)	0,13811146	33,956		0,17329107	27,030522
Total Z (rec)	0,1146	0,0771		0,15436154	0,07875474

Dersom I_5 er på 10A blir U_{11} på bus 5:

Tabell 12.9: U_{11} på bus 5 for I_{11} på 10A

I_{11}	10	[A]
U_{11} bus5	1,73291072	[V]

Vedlegg D: Parametre for vekselretter

Typiske oppgitte parametre: [22]

Parameter	Symbol	Enhet	Beskrivelse
Nominell DC effekt	$P_{n\ DC}$	W	PV effekt vekselretteren er lagd for
Max PV effekt	$P_{DC\ max}$	W	Max PV effekt vekselretteren kan ta opp
Nominell AC effekt	$P_{n\ AC}$	W	AC effekt vekselretteren kan levere permanent
Max AC effekt	$P_{AC\ max}$	W	Max effekt vekselretteren kan levere
Effektfaktor	$\cos \phi$	W	Effektfaktor gir verdi på hvor mye reaktiv effekt den trenger og burde være over 0,9
Skru-på effekt	P_{on}	W	Verdi for størrelse for oppstarteffekt
Skru-av effekt	P_{off}	W	Verdi for størrelse for skru-av-effekt
Standby effekt	$P_{standby}$	W	Verdi for størrelse for effekt vekselretteren trekker når den ikke er avskrudd eller natt-modus om natten
Natt effekt	P_{night}	W	Verdi for størrelse for effekt som trekkes i nattmodus
Nominell DC-spenning	$V_{n\ DC}$	V	PV spenning vekselretteren er lagd for
MPP spenningsbånd/bredde	V_{MPP}	V	Gir verdier vekselretter søker MPP
Max DC spenning	$V_{DC\ max}$	V	Max DC-spenning vekselretteren kan ha over seg
Skru-av spenning	$V_{DC\ off}$	V	Minste spenning vekselretter fremdeles er i drift for/virker
Nominell AC-spenning	$V_{n\ AC}$	V	AC- spenning vekselretter gir ut(normalt 230V)
Nominell DC strøm	$I_{n\ DC}$	A	PV spenning vekselretteren lagd for
Max DC strøm	$I_{DC\ max}$	A	Max DC strøm vekselretteren er lagd for
Nominell AC strøm	$I_{n\ AC}$	A	AC strøm vekselretteren leverer ved nominell effekt
Max AC strøm	$I_{AC\ max}$	A	Max AC-strøm vekselretteren kan levere
Harmonisk forstyrrelse faktor	K	%	Kvalitetsfaktor til for levert strøm eller spenning. (THD-verdi) Burde være under 5 %.
Lyd nivå		dB(A)	Avhengig av type vekselretter og prestasjonsklasse, kan den gi lyder i ulike støynivå, til å bestemme hvor den skal stå
Temperatur bredde/toleranse	T	°C	Ulik temperaturbredde avhengig av type og prestasjonsklasse, til å bestemme/ta i betraktning hvor den skal stå

Utdrag fra datablad for en vekselretterleverandør

INPUT DATA	Fronius IG 15	20	30	40	60 HV
MPP voltage range	150 - 400 V	150 - 400 V	150 - 400 V	150 - 400 V	150 - 400 V
Max. input voltage (at 1000 W/m ² ; -10°C)	500 V	500 V	500 V	500 V	530 V
PV system output	1300 - 2000 Wp	1800 - 2700 Wp	2500 - 3600 Wp	3500 - 5500 Wp	4600 - 6700 Wp
Max. input current	10,8 A	14,3 A	19 A	29,4 A	35,8 A

OUTPUT DATA	Fronius IG 15	20	30	40	60 HV
Nominal output	1300 W	1800 W	2500 W	3500 W	4600 W
Max. power output	1500 W	2000 W	2650 W	4100 W	5000 W
Max. efficiency	94,2 %	94,3 %	94,3 %	94,3 %	94,3 %
Euro efficiency	91,4 %	92,3 %	92,7 %	93,5 %	93,5 %
Mains voltage / frequency	230 V / 50 Hz (60 Hz)				
Distortion factor	< 3,5 %				
Power factor	1				
Power consumption at night	0 W				

GENERAL DATA	Fronius IG 15	20	30	40	60 HV
Size (l x w x h)	366 x 344 x 220 mm (500 x 435 x 225 mm)			610 x 344 x 220 mm (733 x 435 x 225 mm)	
Weight	9 kg (12 kg)			16 kg (20 kg)	
Cooling	controlled forced-air cooling				
Housing variations	designer internal housing; optional outdoor housing				
Ambient temperature range	-20 50 °C				
Permissible humidity	0 95 %				

PROTECTIVE DEVICES	Fronius IG 15	20	30	40	60 HV
DC insulation measurement	warning when R _{ISO} < 500k Ohm				
Polarity reversal protection	built-in				
Behaviour on DC overload	displacement of operating point				

Figur 12.4: Utdrag fra datablad for Fronius IG vekselrettere for solcelleanlegg [64]

INPUT DATA	Fronius IG Plus 50	Fronius IG Plus 100	Fronius IG Plus 150
DC nominal capacity	4210 W	8420 W	12630 W
MPP voltage range	230 - 500 V	230 - 500 V	230 - 500 V
Max. input voltage (for 1000 W/m ² , -10°C)	600 V	600 V	600 V
Max. input	18.31 A	36.61 A	54.92 A
OUTPUT DATA			
AC nominal capacity	4000 W	8000 W	12000 W
Max. output	4000 W	8000 W	12000 W
Max. efficiency	96.1 %	96.1 %	96.1 %
Euro. efficiency	95.1 %	95.5 %	95.5 %
MPP adaptation efficiency	99.99 %	99.99 %	99.99 %
Main voltage / Frequency	230V / 50 Hz (60 Hz)		
Power connection	1-phase	2-phase / 1-phase (optional)	3-phase
Harmonic distortion	< 3.5 %	< 3.5 %	< 3.5 %
Power factor	1	1	1
Power consumption at night	0 W	0 W	0 W
GENERAL DATA			
Measurements (height x width x depth)	628.5 x 433.2 x 242.9 mm	923.5 x 433.2 x 242.9 mm	1218.5 x 433.2 x 242.9 mm
Weight	25 kg	38 kg	49 kg
Protection class	IP 45	IP 45	IP 45
Cooling	Regulated cooling		
Housing	Metal housing for inside and outside installation		
Ambient temperature range	From -20°C to +50°C		
Permitted humidity	0% to 95%		
SAFETY EQUIPMENT			
DC insulation measurement	Warning at R _{iso} < 500k Ohm		
Overload behavior	Operating point shift, power limiter		
DC circuit breaker	integrated		

Figur 12.5: Utdrag fra datablad for Fronius IG plus vekselrettere for solcelleanlegg [65]

Vedlegg E: 2 case bruk i simuleringer

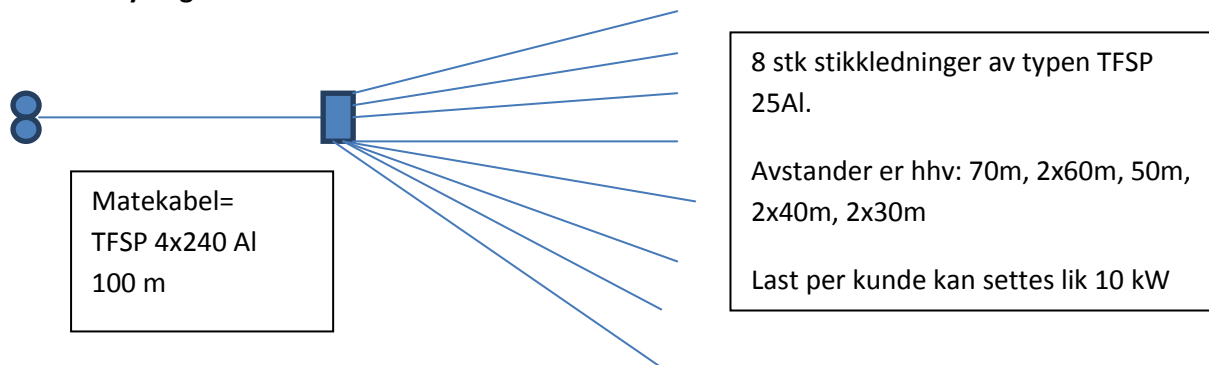
Tilsendt som vedlegg til mail fra Per Edvard Lund, Hafslund Nett AS:

”

Test-nett

Setter opp 2 alternative case du kan regne på; sterkt kabelnett, svakt linjenett.

Sterk forsyning – kabelnett – 240V IT-nett:



Transformator : 800 kVA, 22/0,24 kV

$I_p = 21$ A

$I_s = 1925$ A

$E_k = 4,53\%$

$E_R = 0,86\%$

Koblingsgruppe: DyN1

Belastningstap= 6919 W

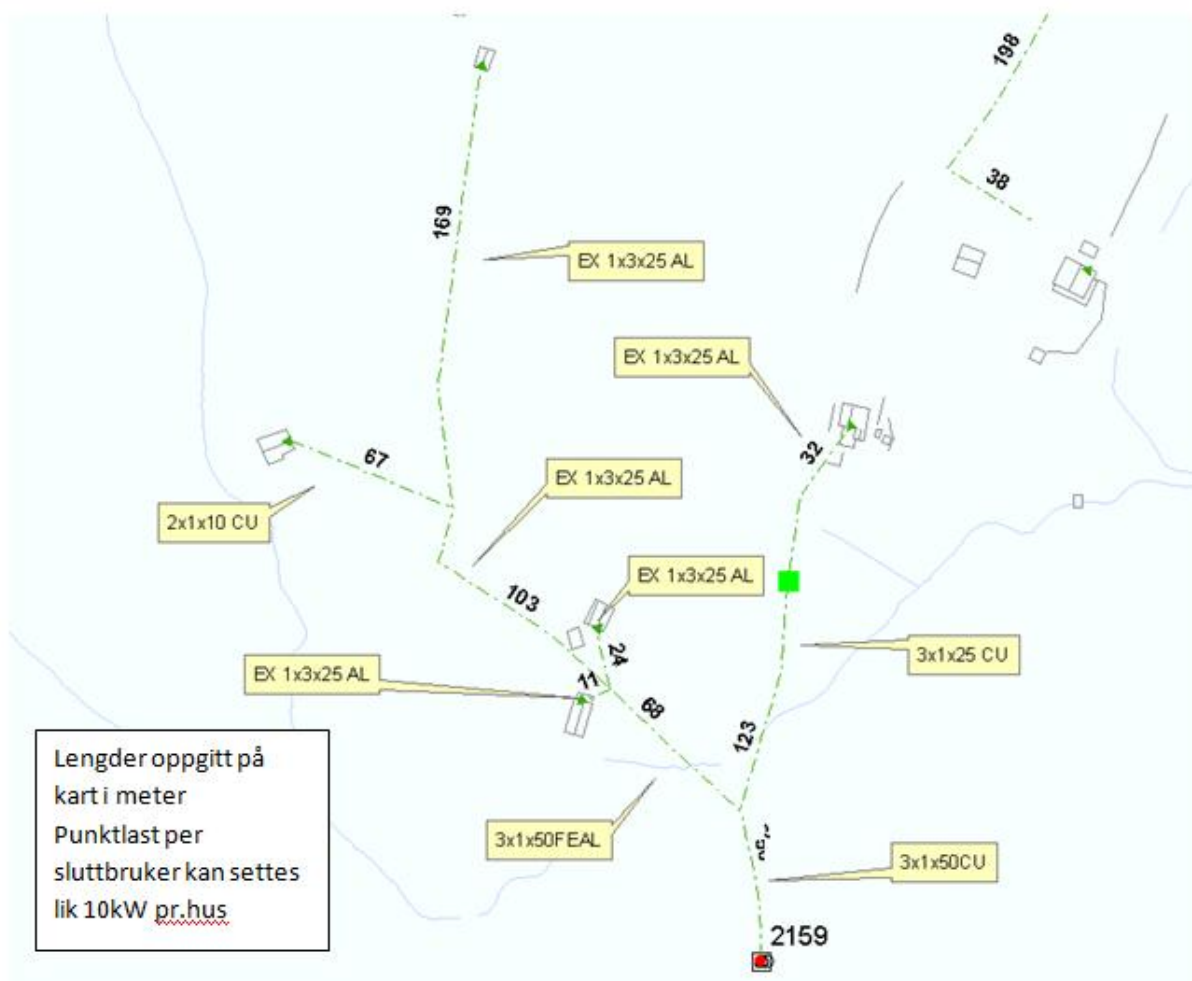
Tomgangstap= 975 W

$S_N =$ maks 390 MVA og min 45 MVA

Kabler:

TYPEBETEGNELSE	MERKESPENNING	ISOLASJONSTYPE	R1	X1	R0	X0	CD	CJ	ITH	X1 Flat	Ik 1sek IkAl	ITH ukorrigert
1x3x25 AL	1000	TFSP	1,2	0,082	100000	100000	0,82	0,42	85	<Null>	2,78	<Null>
1x3x240 AL	1000	TFSP	0,125	0,072	100000	100000	1,26	0,64	350	<Null>	26	<Null>

Svak forsyning linjenett 240V IT:



Transformatordata:

OBJECTID	3755
SubtypeCD	Fordelingstrafo_Tovikling
Status	I drift
Kommune	Oslo
Eier	<Null>
Driftsmerking	T2159-1
Driftsspennning [V]	11 kV
Anmerking	5/10 KV UNDER LOKK REV.ÅR: 1969 TIDL.DRIF
B1	2159
B2	11
B3	TR1
Element	Trafo
Fabrikkat	ASEA Per Kure
Typebetegnelse	TC 306/115K
Serie-/Fabrikasjonsnummer	0016922
Fabrikasjonsår	1953
Transformatorstype	<Null>
Koblingsgruppe	Yy0
Mulige koblingsgrupper	Yyn0
Kjølemetode	<Null>
Merkeytelse [kVA]	200 kVA
Merkespenning PRIM [V]	10000
Merkespenning SEK [V]	240 V
Merkespenning Sekundært skilt [V]	235
Merkestrøm primær [A]	11,55
Merkestrøm sekundær [A]	491
Er [%]	1,46
Ek [%]	4,32
R0 SEK [mOhm]	<Null>
X0 SEK [mOhm]	<Null>
X0/X1	10
Tomgangsstrøm [%]	<Null>
Tomgangstap [W]	508
Belastningstap [W]	0
Antall trinn	3
Antall trinn opp	1
Antall trinn ned	1
Trinnstørrelse [%]	4 %
Trinnposisjon	0
Faktisk trinnposisjon	2

Data for linjer:

TYPEBETEGNELSE	MERKESPENNING	ISOLASJONSTYPE	R1	X1	R0	X0	CD	CJ	ITH	Ik 1sek [kA]
1x3x25 AL	1000	EX	1,2	0,082	100000	100000	550	280	115	1,9
3x1x50 FEAL	1000	UI	0,359	0,315	100000	100000	11,68	4,45	362	8
2x1x10 CU	1000	UI	1,784	0,396	100000	100000	9,25	4,05	88	0,8
3x1x25 CU	1000	UI	0,714	0,359	100000	100000	10,25	4,23	183	2
3x1x50 CU	1000	UI	0,357	0,338	100000	100000	10,95	4,34	284	4

”

Vedlegg F: Optpow-filer

Sterkt nett

Kun optpow-filer for bus 4 med produksjon listet opp:

(1.) Sterkt nett, lav last (4kW) og uten produksjon

NETT POWER SYSTEM STABILITY

**

GENERAL

SN=50

LBASE=100

END

NODES

```
BUS1 UB=22          ! 22kV primærvikling
BUS2 UB=0.24        ! 240v sekundærvikling
BUS3 UB=0.24        ! fordeling etter kort kabel (sterkt nett)
BUS4 UB=0.24        ! Enden av kabel fra fordeling til sluttbruker 4
BUS5 UB=0.24        ! Sluttbruker 5
BUS6 UB=0.24        ! Sluttbruker 6
BUS7 UB=0.24        ! Sluttbruker 7
BUS8 UB=0.24        ! Sluttbruker 8
BUS9 UB=0.24        ! Sluttbruker 9
BUS10 UB=0.24       ! Sluttbruker 10
BUS11 UB=0.24       ! Sluttbruker 11
END
```

LINES

```
BUS2 BUS3 TYPE=2 R=0.125 X=0.072 B=0.00000025761 L=0.1 ! til fordeling
! fordelinger
!
!                               [ohm/km]           [siemens/km]           [km]
BUS3 BUS4 TYPE=2 R=1.2 X=0.082 B=0.00000039584 L=0.07 ! til sluttbruker 4
BUS3 BUS5 TYPE=2 R=1.2 X=0.082 B=0.00000039584 L=0.06 ! til sluttbruker 5
BUS3 BUS6 TYPE=2 R=1.2 X=0.082 B=0.00000039584 L=0.06 ! til sluttbruker 6
BUS3 BUS7 TYPE=2 R=1.2 X=0.082 B=0.00000039584 L=0.05 ! til sluttbruker 7
BUS3 BUS8 TYPE=2 R=1.2 X=0.082 B=0.00000039584 L=0.04 ! til sluttbruker 8
BUS3 BUS9 TYPE=2 R=1.2 X=0.082 B=0.00000039584 L=0.04 ! til sluttbruker 9
BUS3 BUS10 TYPE=2 R=1.2 X=0.082 B=0.00000039584 L=0.03 ! til sluttbruker 10
BUS3 BUS11 TYPE=2 R=1.2 X=0.082 B=0.00000039584 L=0.03 ! til sluttbruker 11
END
```

TRANSFORMERS

```
!
!                               [MVA] [kV]           [kV]           [p.u.]
! [p.u.]           [MW]           [degrees]
BUS1 BUS2 SN=0.8 UN1=22 UN2=0.24 ER12=0.0086 EX12=0.0453 PFE=0.000975 FI=-30
END
```

LOADS

```
!
!           [MW]   [MVAr]
BUS4 P=0.004 Q=0   !last sluttbruker 4
BUS5 P=0.004 Q=0
BUS6 P=0.004 Q=0
BUS7 P=0.004 Q=0
BUS8 P=0.004 Q=0
BUS9 P=0.004 Q=0
BUS10 P=0.004 Q=0
BUS11 P=0.004 Q=0
BUS2 P=0.096 Q=0 ! Ekvivalent tre andre (nesten) like grener
END
```

```

POWER CONTROL
!
swing bus [kV] [degrees]
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=22 FI=0 NAME=STIVTNETT
END
END

```

Sterkt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 4 (8kW)

Forskjellig fra (1.):

```

POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=22 FI=0 NAME=STIVTNETT
BUS4 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.008 Q=0 NAME=Generator 4
BUS2 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.024 Q=0 ! Ekvivalent produksjon 3 grener
END

```

Sterkt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 4 (8kW cos φ = 0,9)

Forskjellig fra (1.):

```

POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=22 FI=0 NAME=STIVTNETT
BUS4 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.008 Q=0.0038746 NAME=Generator4
BUS2 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.024 Q=0.011624 ! Ekvivalent produksjon 3 grener
END

```

Sterkt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 4 (20kW)

Forskjellig fra (1.):

```

POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=22 FI=0 NAME=STIVTNETT
BUS4 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.02 Q=0 NAME=Generator4
BUS2 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.06 Q=0 NAME=Generator2
END

```

Sterkt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 4 (20kW cos φ = 0,9)

Forskjellig fra (1.):

```

POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=22 FI=0 NAME=STIVTNETT
BUS4 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.02 Q=0.0096864 NAME=Generator4
BUS2 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.06 Q=0.029059 NAME=Generator2
END

```

Sterkt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 4 (2,5kW)

Forskjellig fra (1.):

```

POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=22 FI=0 NAME=STIVTNETT
BUS4 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0 NAME=Generator4
BUS5 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0 NAME=Generator5
BUS6 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0 NAME=Generator6
BUS7 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0 NAME=Generator7
BUS8 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0 NAME=Generator8
BUS9 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0 NAME=Generator9
BUS10 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0 NAME=Generator10
BUS11 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0 NAME=Generator11
BUS2 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.06 Q=0 NAME=Generator2
END

```


Sterkt nett, lav last (4kW) og stor produksjon hos alle sluttbrukerne (2,5kW cos ϕ =0,9)

Forskjellig fra (1.):

```
POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=22 FI=0 NAME=STIVTNETT
BUS4 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0.0012108 NAME=Generator4
BUS5 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0.0012108 NAME=Generator5
BUS6 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0.0012108 NAME=Generator6
BUS7 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0.0012108 NAME=Generator7
BUS8 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0.0012108 NAME=Generator8
BUS9 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0.0012108 NAME=Generator9
BUS10 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0.0012108 NAME=Generator10
BUS11 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.0025 Q=0.0012108 NAME=Generator11
BUS2 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.06 Q=0.029059 NAME=Generator2
END
```

(2.) Sterkt nett, stor last (20kW) og ingen produksjon

Forskjellig fra (1.):

```
LOADS
! [MW] [MVar]
BUS4 P=0.02 Q=0
BUS5 P=0.02 Q=0
BUS6 P=0.02 Q=0
BUS7 P=0.02 Q=0
BUS8 P=0.02 Q=0
BUS9 P=0.02 Q=0
BUS10 P=0.02 Q=0
BUS11 P=0.02 Q=0
BUS2 P=0.48 Q=0 ! Ekvivalent tre andre (nesten) like grener
END
```

Resten av scenarioene for det sterke nettet kan finnes ved å kombinere de over (fom. (1.) tom. (2.) og bytte ut nummeret på de(n) valgte bus'ene med produksjon.

Svakt nett

(3.) Svakt nett, lav last (4kW) og uten produksjon

```
NETT POWER SYSTEM STABILITY
```

```
**
```

```
GENERAL
SN=50
LBASE=100
END
```

```
NODES
BUS1 UB=11 ! 22kV primærvikling
BUS2 UB=0.24 ! 240v sekundærvikling
BUS3 UB=0.24 ! fordeling etter kort kabel (sterkt nett)
BUS4 UB=0.24 ! høyre gren tverrsnitt skifte
BUS5 UB=0.24 ! sluttbruker høyre gren
BUS6 UB=0.24 ! 1. fordeling indre vestre gren
BUS7 UB=0.24 ! sluttbruker indre vestre gren
BUS8 UB=0.24 ! sluttbruker indre vestre gren
BUS9 UB=0.24 ! 2. fordeling ytre vestre gren
BUS10 UB=0.24 ! sluttbruker ytre vestre gren
BUS11 UB=0.24 ! sluttbruker ytre vestre gren
END
```

```

LINES
BUS2 BUS3 TYPE=2 R=0.357 X=0.338 B=0.00000344004 L=0.063
!høyre gren
BUS3 BUS4 TYPE=2 R=0.714 X=0.359 B=0.00000322013 L=0.123
BUS4 BUS5 TYPE=2 R=1.2 X=0.359 B=0.00016336281 L=0.032
! venstre gren til og fra bus 6
BUS3 BUS6 TYPE=2 R=0.359 X=0.315 B=0.00000366938 L=0.068
BUS6 BUS7 TYPE=2 R=1.2 X=0.359 B=0.00016336281 L=0.011
BUS6 BUS8 TYPE=2 R=1.2 X=0.359 B=0.00016336281 L=0.024
!videre fra bus 6
BUS6 BUS9 TYPE=2 R=1.2 X=0.359 B=0.00016336281 L=0.103
!bus 9 grener
BUS9 BUS10 TYPE=2 R=1.784 X=0.396 B=0.00000290597 L=0.067
BUS9 BUS11 TYPE=2 R=1.2 X=0.359 B=0.00016336281 L=0.169
END

```

```

TRANSFORMERS
BUS1 BUS2 SN=0.2 UN1=11 UN2=0.24 ER12=0.0146 EX12=0.0432 PFE=0.000508
END

```

```

LOADS
BUS5 P=0.004 Q=0
BUS7 P=0.004 Q=0
BUS8 P=0.004 Q=0
BUS10 P=0.004 Q=0
BUS11 P=0.004 Q=0
END

```

```

POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=11 FI=0 NAME=STIVTNETT
END
END

```

Svakt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 5 (8kW)

Forskjellig fra (3.):

```

POWER CONTROL
! BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=11 FI=0 NAME=STIVTNETT
BUS5 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.008 Q=0 NAME=Generator5
END

```

Svakt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 5 (8kW cos φ = 0,9)

Forskjellig fra (3.):

```

POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=11 FI=0 NAME=STIVTNETT
BUS5 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.008 Q=0.0038746 NAME=Generator
END

```

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 5 (20kW cos φ = 0,9)

Forskjellig fra (3.):

```

POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=11 FI=0 NAME=STIVTNETT
BUS5 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.02 Q=0 NAME=Generator
END

```

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 5 (20kW cos φ = 0,9)

Forskjellig fra (3.):

```

POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=11 FI=0 NAME=STIVTNETT

```

```
BUS5 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.02 Q=0.0096864      NAME=Generator
END
```

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon hos alle sluttbrukerne (20kW)

Forskjellig fra (3.):

```
POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=11   FI=0 NAME=STIVTNETT
BUS5 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.004 Q=0      NAME=Generator5
BUS7  TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.004 Q=0 NAME=Generator7
BUS8  TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.004 Q=0 NAME=Generator8
BUS10 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.004 Q=0 NAME=Generator10
BUS11 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.004 Q=0 NAME=Generator11
END
```

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 5 (20kW cos ϕ = 0,9)

Forskjellig fra (3.):

```
POWER CONTROL
BUS1 TYPE=NODE RTYPE=SW U=11   FI=0 NAME=STIVTNETT
BUS5 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.004 Q=0.0019373      NAME=Generator5
BUS7  TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.004 Q=0.0019373 NAME=Generator7
BUS8  TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.004 Q=0.0019373 NAME=Generator8
BUS10 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.004 Q=0.0019373 NAME=Generator10
BUS11 TYPE=NODE RTYPE=PQ P=0.004 Q=0.0019373 NAME=Generator11
END
```

(4.) Sterkt nett, stor last (20kW) og ingen produksjon

Forskjellig fra (3.):

```
LOADS
!      [MW]    [MVA]
BUS5  P=0.020 Q=0
BUS7  P=0.020 Q=0
BUS8  P=0.020 Q=0
BUS10 P=0.020 Q=0
BUS11 P=0.020 Q=0
END
```

Resten av scenarioene for det svake nettet kan finnes ved å kombinere de over (fom. (3.) tom. (4.) og bytte ut nummeret på de(n) valgte bus'ene med produksjon.

Vedlegg G: Simuleringsresultater

Sterkt nett, lav last (4kW) og uten produksjon

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.12951	-0.00108282	0.128358	0.000140129	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.12951	0.00108282	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.998578		0.239659	-30.4185						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0323579	-0.000140126	0.03213	8.87288E-006	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.12951	-0.00108282	0.128358	0.000140129	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.096	-1.63981E-009	0	0	0	0
8	BUS3	1	1	0.991537		0.237969	-30.6508						
9	LINE BUS2 BU...							-0.0323579	-0.000140126	0.03213	8.87288E-006	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.00402402	-1.63982E-006	0.004	6.29843E-012	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.00402055	-1.40306E-006	0.004	6.42434E-011	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.00402055	-1.40306E-006	0.004	6.42434E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.0040171	-1.16724E-006	0.004	-1.06362E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.00401366	-9.32186E-007	0.004	1.49116E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.00401366	-9.32186E-007	0.004	1.49116E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.00401022	-6.97913E-007	0.004	-1.19833E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.00401022	-6.97913E-007	0.004	-1.19833E-010	0	0
18	BUS4	1	1	0.985618		0.236548	-30.6742						
19	LINE BUS3 BU...							-0.00402402	-1.63982E-006	0.004	6.29843E-012	0	0
20	LOAD BUS4 0							-0.004	-6.29843E-012	0	0	0	0
21	BUS5	1	1	0.986468		0.236752	-30.6708						
22	LINE BUS3 BU...							-0.00402055	-1.40306E-006	0.004	6.42434E-011	0	0
23	LOAD BUS5 0							-0.004	-6.42434E-011	0	0	0	0
24	BUS6	1	1	0.986468		0.236752	-30.6708						
25	LINE BUS3 BU...							-0.00402055	-1.40306E-006	0.004	6.42434E-011	0	0
26	LOAD BUS6 0							-0.004	-6.42434E-011	0	0	0	0
27	BUS7	1	1	0.987317		0.236956	-30.6675						
28	LINE BUS3 BU...							-0.0040171	-1.16724E-006	0.004	-1.06362E-011	0	0
29	LOAD BUS7 0							-0.004	1.06362E-011	0	0	0	0
30	BUS8	1	1	0.988164		0.237159	-30.6641						
31	LINE BUS3 BU...							-0.00401366	-9.32186E-007	0.004	1.49116E-010	0	0
32	LOAD BUS8 0							-0.004	-1.49116E-010	0	0	0	0
33	BUS9	1	1	0.988164		0.237159	-30.6641						
34	LINE BUS3 BU...							-0.00401366	-9.32186E-007	0.004	1.49116E-010	0	0
35	LOAD BUS9 0							-0.004	-1.49116E-010	0	0	0	0
36	BUS10	1	1	0.989009		0.237362	-30.6608						
37	LINE BUS3 BU...							-0.00401022	-6.97913E-007	0.004	-1.19833E-010	0	0
38	LOAD BUS10 ...							-0.004	1.19833E-010	0	0	0	0
39	BUS11	1	1	0.989009		0.237362	-30.6608						
40	LINE BUS3 BU...							-0.00401022	-6.97913E-007	0.004	-1.19833E-010	0	0
41	LOAD BUS11 ...							-0.004	1.19833E-010	0	0	0	0

Sterkt nett, stor last (20kW) og uten produksjon

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.655618	-0.0282718	0.650029	0.00392332	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.655618	0.0282718	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.992039		0.238089	-32.1255						
5	LINE BUS2 BU...							-0.170029	-0.00392334	0.16365	0.000249434	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.655618	-0.0282718	0.650029	0.00392332	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.48	-3.51596E-009	0	0	0	0
8	BUS3	1	1	0.954572		0.229097	-33.36						
9	LINE BUS2 BU...							-0.170029	-0.00392334	0.16365	0.000249434	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0206848	-4.67913E-005	0.02	-5.16953E-010	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.0205811	-3.9706E-005	0.02	-4.07125E-010	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.0205811	-3.9706E-005	0.02	-4.07125E-010	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.0204795	-3.27621E-005	0.02	7.90652E-010	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.0203798	-2.59549E-005	0.02	1.96408E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.0203798	-2.59549E-005	0.02	1.96408E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.0202822	-1.92803E-005	0.02	8.11275E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.0202822	-1.92803E-005	0.02	8.11275E-010	0	0
18	BUS4	1	1	0.922968	** Low **	0.221512	-33.4896						
19	LINE BUS3 BU...							-0.0206848	-4.67913E-005	0.02	-5.16953E-010	0	0
20	LOAD BUS4 0							-0.02	5.16953E-010	0	0	0	0
21	BUS5	1	1	0.927619	** Low **	0.222629	-33.4705						
22	LINE BUS3 BU...							-0.0205811	-3.9706E-005	0.02	-4.07125E-010	0	0
23	LOAD BUS5 0							-0.02	4.07125E-010	0	0	0	0
24	BUS6	1	1	0.927619	** Low **	0.222629	-33.4705						
25	LINE BUS3 BU...							-0.0205811	-3.9706E-005	0.02	-4.07125E-010	0	0
26	LOAD BUS6 0							-0.02	4.07125E-010	0	0	0	0
27	BUS7	1	1	0.932222	** Low **	0.223733	-33.4517						
28	LINE BUS3 BU...							-0.0204795	-3.27621E-005	0.02	7.90652E-010	0	0
29	LOAD BUS7 0							-0.02	-7.90652E-010	0	0	0	0
30	BUS8	1	1	0.936779	** Low **	0.224827	-33.433						
31	LINE BUS3 BU...							-0.0203798	-2.59549E-005	0.02	1.96408E-010	0	0
32	LOAD BUS8 0							-0.02	-1.96408E-010	0	0	0	0
33	BUS9	1	1	0.936779	** Low **	0.224827	-33.433						
34	LINE BUS3 BU...							-0.0203798	-2.59549E-005	0.02	1.96408E-010	0	0
35	LOAD BUS9 0							-0.02	-1.96408E-010	0	0	0	0
36	BUS10	1	1	0.941291	** Low **	0.22591	-33.4145						
37	LINE BUS3 BU...							-0.0202822	-1.92803E-005	0.02	8.11275E-010	0	0
38	LOAD BUS10 ...							-0.02	-8.11275E-010	0	0	0	0
39	BUS11	1	1	0.941291	** Low **	0.22591	-33.4145						
40	LINE BUS3 BU...							-0.0202822	-1.92803E-005	0.02	8.11275E-010	0	0
41	LOAD BUS11 ...							-0.02	-8.11275E-010	0	0	0	0

Sterkt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 4 (8kW)

	Name	Region	Area	U p.u.	Remark	U kv	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0973321	-0.000613636	0.0962573	8.25371E-005	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0973321	0.000613636	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.998939		0.239745	-30.3142						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0242573	-8.25355E-005	0.0241293	8.82701E-006	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0973321	-0.000613636	0.0962573	8.25371E-005	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.096	-4.44283E-010	0	0	0	0
8	PROD BUS2							0.024	1.11071E-010	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.993664		0.238479	-30.4881						
10	LINE BUS2 BU...							-0.0242573	-8.25355E-005	0.0241293	8.82701E-006	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.00402392	-1.63246E-006	0.004	1.26945E-010	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.00402046	-1.39698E-006	0.004	-1.23625E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.00402046	-1.39698E-006	0.004	-1.23625E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.00401702	-1.16213E-006	0.004	-7.06335E-011	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.0040136	-9.2809E-007	0.004	1.32306E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.0040136	-9.2809E-007	0.004	1.32306E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.00401018	-6.94889E-007	0.004	-5.85419E-012	0	0
18	LINE BUS3 BU...							0.00398992	-6.8804E-007	-0.004	2.06962E-011	0	0
19	BUS4	1	1	0.987758		0.237062	-30.5114						
20	LINE BUS3 BU...							-0.00402392	-1.63246E-006	0.004	1.26945E-010	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.004	-1.26945E-010	0	0	0	0
22	BUS5	1	1	0.988606		0.237265	-30.5081						
23	LINE BUS3 BU...							-0.00402046	-1.39698E-006	0.004	-1.23625E-011	0	0
24	LOAD BUS5 0							-0.004	1.23625E-011	0	0	0	0
25	BUS6	1	1	0.988606		0.237265	-30.5081						
26	LINE BUS3 BU...							-0.00402046	-1.39698E-006	0.004	-1.23625E-011	0	0
27	LOAD BUS6 0							-0.004	1.23625E-011	0	0	0	0
28	BUS7	1	1	0.989453		0.237469	-30.5047						
29	LINE BUS3 BU...							-0.00401702	-1.16213E-006	0.004	-7.06335E-011	0	0
30	LOAD BUS7 0							-0.004	7.06335E-011	0	0	0	0
31	BUS8	1	1	0.990298		0.237671	-30.5014						
32	LINE BUS3 BU...							-0.0040136	-9.2809E-007	0.004	1.32306E-010	0	0
33	LOAD BUS8 0							-0.004	-1.32306E-010	0	0	0	0
34	BUS9	1	1	0.990298		0.237671	-30.5014						
35	LINE BUS3 BU...							-0.0040136	-9.2809E-007	0.004	1.32306E-010	0	0
36	LOAD BUS9 0							-0.004	-1.32306E-010	0	0	0	0
37	BUS10	1	1	0.991141		0.237874	-30.4981						
38	LINE BUS3 BU...							-0.00401018	-6.94889E-007	0.004	-5.85419E-012	0	0
39	LOAD BUS10 ...							-0.004	5.85419E-012	0	0	0	0
40	BUS11	1	1	0.996173		0.239082	-30.4783						
41	LINE BUS3 BU...							0.00398992	-6.8804E-007	-0.004	2.06962E-011	0	0
42	LOAD BUS11 ...							-0.004	2.06962E-011	0	0	0	0
43	PROD GENERAT...							0.008	-4.13924E-011	0	0	0	0

Sterkt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 4 (8kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U p.u.	Remark	U kv	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0973595	0.0148689	0.0962814	-0.0154128	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0973595	-0.0148689	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999817		0.239956	-30.3235						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0242814	0.00378882	0.0241503	-0.00386434	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0973595	0.0148689	0.0962814	-0.0154128	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.096	3.01724E-010	0	0	0	0
8	PROD BUS2							0.024	0.011624	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.995027		0.238807	-30.5457						
10	LINE BUS2 BU...							-0.0242814	0.00378882	0.0241503	-0.00386434	0	0
11	LINE BUS3 BU...							0.00395488	0.00387152	-0.004	-0.0038746	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.00402041	-1.39321E-006	0.004	-6.21156E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.00402041	-1.39321E-006	0.004	-6.21156E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.00401698	-1.15902E-006	0.004	8.02731E-011	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.00401356	-9.25663E-007	0.004	-1.34213E-011	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.00401356	-9.25663E-007	0.004	-1.34213E-011	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.00401015	-6.92922E-007	0.004	-1.82846E-010	0	0
18	LINE BUS3 BU...							-0.00401015	-6.92922E-007	0.004	-1.82846E-010	0	0
19	BUS4	1	1	1.00123		0.240294	-30.8477						
20	LINE BUS3 BU...							0.00395488	0.00387152	-0.004	-0.0038746	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.004	1.24936E-010	0	0	0	0
22	PROD GENERAT...							0.008	0.0038746	0	0	0	0
23	BUS5	1	1	0.989977		0.237594	-30.5655						
24	LINE BUS3 BU...							-0.00402041	-1.39321E-006	0.004	-6.21156E-011	0	0
25	LOAD BUS5 0							-0.004	6.21156E-011	0	0	0	0
26	BUS6	1	1	0.989977		0.237594	-30.5655						
27	LINE BUS3 BU...							-0.00402041	-1.39321E-006	0.004	-6.21156E-011	0	0
28	LOAD BUS6 0							-0.004	6.21156E-011	0	0	0	0
29	BUS7	1	1	0.990822		0.237797	-30.5622						
30	LINE BUS3 BU...							-0.00401698	-1.15902E-006	0.004	8.02731E-011	0	0
31	LOAD BUS7 0							-0.004	8.02731E-011	0	0	0	0
32	BUS8	1	1	0.991666		0.238	-30.5589						
33	LINE BUS3 BU...							-0.00401356	-9.25663E-007	0.004	-1.34213E-011	0	0
34	LOAD BUS8 0							-0.004	1.34213E-011	0	0	0	0
35	BUS9	1	1	0.991666		0.238	-30.5589						
36	LINE BUS3 BU...							-0.00401356	-9.25663E-007	0.004	-1.34213E-011	0	0
37	LOAD BUS9 0							-0.004	1.34213E-011	0	0	0	0
38	BUS10	1	1	0.992508		0.238202	-30.5556						
39	LINE BUS3 BU...							-0.00401015	-6.92922E-007	0.004	-1.82846E-010	0	0
40	LOAD BUS10 ...							-0.004	1.82846E-010	0	0	0	0
41	BUS11	1	1	0.992508		0.238202	-30.5556						
42	LINE BUS3 BU...							-0.00401015	-6.92922E-007	0.004	-1.82846E-010	0	0
43	LOAD BUS11 ...							-0.004	1.82846E-010	0	0	0	0

Sterkt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 11 (8kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0973321	-0.000613636	0.0962573	8.25371E-005	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0973321	0.000613636	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.998939		0.239745	-30.3142						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0242573	-8.25355E-005	0.0241293	8.82701E-006	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0973321	-0.000613636	0.0962573	8.25371E-005	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.096	-4.44283E-010	0	0	0	0
8	PROD BUS2							0.024	1.11071E-010	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.993664		0.238479	-30.4681						
10	LINE BUS2 BU...							-0.0242573	-8.25355E-005	0.0241293	8.82701E-006	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.00402392	-1.63246E-006	0.004	1.26945E-010	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.00402046	-1.39698E-006	0.004	-1.23625E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.00402046	-1.39698E-006	0.004	-1.23625E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.00401702	-1.16213E-006	0.004	-7.06335E-011	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.0040136	-9.2809E-007	0.004	1.32306E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.0040136	-9.2809E-007	0.004	1.32306E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.00401018	-6.94889E-007	0.004	-5.85419E-012	0	0
18	LINE BUS3 BU...							0.00398992	-6.8804E-007	-0.004	2.06962E-011	0	0
19	BUS4	1	1	0.987758		0.237062	-30.5114						
20	LINE BUS3 BU...							-0.00402392	-1.63246E-006	0.004	1.26945E-010	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.004	-1.26945E-010	0	0	0	0
22	BUS5	1	1	0.988606		0.237265	-30.5081						
23	LINE BUS3 BU...							-0.00402046	-1.39698E-006	0.004	-1.23625E-011	0	0
24	LOAD BUS5 0							-0.004	1.23625E-011	0	0	0	0
25	BUS6	1	1	0.988606		0.237265	-30.5081						
26	LINE BUS3 BU...							-0.00402046	-1.39698E-006	0.004	-1.23625E-011	0	0
27	LOAD BUS6 0							-0.004	1.23625E-011	0	0	0	0
28	BUS7	1	1	0.989453		0.237469	-30.5047						
29	LINE BUS3 BU...							-0.00401702	-1.16213E-006	0.004	-7.06335E-011	0	0
30	LOAD BUS7 0							-0.004	7.06335E-011	0	0	0	0
31	BUS8	1	1	0.990298		0.237671	-30.5014						
32	LINE BUS3 BU...							-0.0040136	-9.2809E-007	0.004	1.32306E-010	0	0
33	LOAD BUS8 0							-0.004	-1.32306E-010	0	0	0	0
34	BUS9	1	1	0.990298		0.237671	-30.5014						
35	LINE BUS3 BU...							-0.0040136	-9.2809E-007	0.004	1.32306E-010	0	0
36	LOAD BUS9 0							-0.004	-1.32306E-010	0	0	0	0
37	BUS10	1	1	0.991141		0.237874	-30.4981						
38	LINE BUS3 BU...							-0.00401018	-6.94889E-007	0.004	-5.85419E-012	0	0
39	LOAD BUS10 ...							-0.004	5.85419E-012	0	0	0	0
40	BUS11	1	1	0.996173		0.239082	-30.4783						
41	LINE BUS3 BU...							0.00398992	-6.8804E-007	-0.004	2.06962E-011	0	0
42	LOAD BUS11 ...							-0.004	2.06962E-011	0	0	0	0
43	PROD GENERAT...							0.008	-4.13924E-011	0	0	0	0

Sterkt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 11 (8kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0973474	0.0148699	0.0962694	-0.0154137	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0973474	-0.0148699	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999817		0.239956	-30.3235						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0242694	0.00378971	0.0241384	-0.00386515	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0973474	0.0148699	0.0962694	-0.0154137	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.096	-6.9016E-010	0	0	0	0
8	PROD BUS2							0.024	0.011624	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.99503		0.238807	-30.5456						
10	LINE BUS2 BU...							-0.0242694	0.00378971	0.0241384	-0.00386515	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.00402385	-1.62816E-006	0.004	-6.31724E-011	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.00402041	-1.39316E-006	0.004	-5.74173E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.00402041	-1.39316E-006	0.004	-5.74173E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.00401698	-1.15897E-006	0.004	6.98534E-011	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.00401356	-9.25423E-007	0.004	1.16408E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.00401356	-9.25423E-007	0.004	1.16408E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.00401015	-6.93015E-007	0.004	5.41979E-011	0	0
18	LINE BUS3 BU...							0.00398053	0.00387327	-0.004	-0.0038746	0	0
19	BUS4	1	1	0.989133		0.237392	-30.5688						
20	LINE BUS3 BU...							-0.00402385	-1.62816E-006	0.004	-6.31724E-011	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.004	6.31724E-011	0	0	0	0
22	BUS5	1	1	0.98998		0.237595	-30.5654						
23	LINE BUS3 BU...							-0.00402041	-1.39316E-006	0.004	-5.74173E-011	0	0
24	LOAD BUS5 0							-0.004	5.74173E-011	0	0	0	0
25	BUS6	1	1	0.98998		0.237595	-30.5654						
26	LINE BUS3 BU...							-0.00402041	-1.39316E-006	0.004	-5.74173E-011	0	0
27	LOAD BUS6 0							-0.004	5.74173E-011	0	0	0	0
28	BUS7	1	1	0.990825		0.237798	-30.5621						
29	LINE BUS3 BU...							-0.00401698	-1.15897E-006	0.004	6.98534E-011	0	0
30	LOAD BUS7 0							-0.004	-6.98534E-011	0	0	0	0
31	BUS8	1	1	0.991669		0.238001	-30.5588						
32	LINE BUS3 BU...							-0.00401356	-9.25423E-007	0.004	1.16408E-010	0	0
33	LOAD BUS8 0							-0.004	-1.16408E-010	0	0	0	0
34	BUS9	1	1	0.991669		0.238001	-30.5588						
35	LINE BUS3 BU...							-0.00401356	-9.25423E-007	0.004	1.16408E-010	0	0
36	LOAD BUS9 0							-0.004	-1.16408E-010	0	0	0	0
37	BUS10	1	1	0.992511		0.238203	-30.5555						
38	LINE BUS3 BU...							-0.00401015	-6.93015E-007	0.004	5.41979E-011	0	0
39	LOAD BUS10 ...							-0.004	5.41979E-011	0	0	0	0
40	BUS11	1	1	0.997699		0.239448	-30.6755						
41	LINE BUS3 BU...							0.00398053	0.00387327	-0.004	-0.0038746	0	0
42	LOAD BUS11 ...							-0.004	-1.33169E-010	0	0	0	0
43	PROD GENERAT...							0.008	0.0038746	0	0	0	0

Sterkt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 4 (20kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kW	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0494982	-0.000187256	0.0484979	5.12404E-005	0	0
3	PROD STIVNET...							0.0494982	0.000187256	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999466		0.239872	-30.159						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0124979	-5.12388E-005	0.0124639	3.16943E-005	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0494982	-0.000187256	0.0484979	5.12404E-005	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.096	-7.29199E-010	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...							0.06	-8.61346E-010	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.996748		0.239219	-30.2482						
10	LINE BUS2 BU...							-0.0124979	-5.12388E-005	0.0124639	3.16943E-005	0	0
11	LINE BUS3 BU...							0.0156409	-2.45368E-005	-0.016	-5.65832E-010	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.00402034	-1.38836E-006	0.004	6.68482E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.00402034	-1.38836E-006	0.004	6.68482E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.00401692	-1.15502E-006	0.004	-6.1889E-011	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.00401351	-9.22378E-007	0.004	-2.59872E-011	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.00401351	-9.22378E-007	0.004	-2.59872E-011	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.00401012	-6.90629E-007	0.004	-1.23523E-010	0	0
18	LINE BUS3 BU...							-0.00401012	-6.90629E-007	0.004	-1.23523E-010	0	0
19	BUS4	1	1	1.01963		0.244711	-30.1583						
20	LINE BUS3 BU...							0.0156409	-2.45368E-005	-0.016	-5.65832E-010	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.004	-1.15466E-010	0	0	0	0
22	PROD GENERAT...							0.02	4.94942E-010	0	0	0	0
23	BUS5	1	1	0.991706		0.238009	-30.268						
24	LINE BUS3 BU...							-0.00402034	-1.38836E-006	0.004	6.68482E-011	0	0
25	LOAD BUS5 0							-0.004	-6.68482E-011	0	0	0	0
26	BUS6	1	1	0.991706		0.238009	-30.268						
27	LINE BUS3 BU...							-0.00402034	-1.38836E-006	0.004	6.68482E-011	0	0
28	LOAD BUS6 0							-0.004	-6.68482E-011	0	0	0	0
29	BUS7	1	1	0.99255		0.238212	-30.2647						
30	LINE BUS3 BU...							-0.00401692	-1.15502E-006	0.004	-6.1889E-011	0	0
31	LOAD BUS7 0							-0.004	6.1889E-011	0	0	0	0
32	BUS8	1	1	0.993392		0.238414	-30.2614						
33	LINE BUS3 BU...							-0.00401351	-9.22378E-007	0.004	-2.59872E-011	0	0
34	LOAD BUS8 0							-0.004	2.59872E-011	0	0	0	0
35	BUS9	1	1	0.993392		0.238414	-30.2614						
36	LINE BUS3 BU...							-0.00401351	-9.22378E-007	0.004	-2.59872E-011	0	0
37	LOAD BUS9 0							-0.004	2.59872E-011	0	0	0	0
38	BUS10	1	1	0.994233		0.238616	-30.2581						
39	LINE BUS3 BU...							-0.00401012	-6.90629E-007	0.004	-1.23523E-010	0	0
40	LOAD BUS10 ...							-0.004	1.23523E-010	0	0	0	0
41	BUS11	1	1	0.994233		0.238616	-30.2581						
42	LINE BUS3 BU...							-0.00401012	-6.90629E-007	0.004	-1.23523E-010	0	0
43	LOAD BUS11 ...							-0.004	1.23523E-010	0	0	0	0

Sterkt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 4 (20kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kW	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.049664	0.0384529	0.0486455	-0.0386736	0	0
3	PROD STIVNET...							0.049664	-0.0384529	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	1.00165		0.240397	-30.1829						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0126455	0.00961459	0.0125909	-0.00964603	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.049664	0.0384529	0.0486455	-0.0386736	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.096	-6.88968E-010	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...							0.06	0.029059	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	1.00012		0.240029	-30.3927						
10	LINE BUS2 BU...							-0.0126455	0.00961459	0.0125909	-0.00964603	0	0
11	LINE BUS3 BU...							0.0155133	0.00965314	-0.016	-0.0096864	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.0040202	-1.37887E-006	0.004	8.96228E-012	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.0040202	-1.37887E-006	0.004	8.96228E-012	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.0040168	-1.14709E-006	0.004	-9.62068E-011	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.00401342	-9.15998E-007	0.004	1.67656E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.00401342	-9.15998E-007	0.004	1.67656E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.00401005	-6.85948E-007	0.004	-1.03478E-011	0	0
18	LINE BUS3 BU...							-0.00401005	-6.85948E-007	0.004	-1.03478E-011	0	0
19	BUS4	1	1	1.02378		0.245707	-31.0939						
20	LINE BUS3 BU...							0.0155133	0.00965314	-0.016	-0.0096864	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.004	5.74308E-011	0	0	0	0
22	PROD GENERAT...							0.02	0.0096864	0	0	0	0
23	BUS5	1	1	0.995096		0.238823	-30.4123						
24	LINE BUS3 BU...							-0.0040202	-1.37887E-006	0.004	8.96228E-012	0	0
25	LOAD BUS5 0							-0.004	-8.96228E-012	0	0	0	0
26	BUS6	1	1	0.995096		0.238823	-30.4123						
27	LINE BUS3 BU...							-0.0040202	-1.37887E-006	0.004	8.96228E-012	0	0
28	LOAD BUS6 0							-0.004	-8.96228E-012	0	0	0	0
29	BUS7	1	1	0.995937		0.239025	-30.4091						
30	LINE BUS3 BU...							-0.0040168	-1.14709E-006	0.004	-9.62068E-011	0	0
31	LOAD BUS7 0							-0.004	9.62068E-011	0	0	0	0
32	BUS8	1	1	0.996777		0.239226	-30.4058						
33	LINE BUS3 BU...							-0.00401342	-9.15998E-007	0.004	1.67656E-010	0	0
34	LOAD BUS8 0							-0.004	-1.67656E-010	0	0	0	0
35	BUS9	1	1	0.996777		0.239226	-30.4058						
36	LINE BUS3 BU...							-0.00401342	-9.15998E-007	0.004	1.67656E-010	0	0
37	LOAD BUS9 0							-0.004	-1.67656E-010	0	0	0	0
38	BUS10	1	1	0.997615		0.239428	-30.4025						
39	LINE BUS3 BU...							-0.00401005	-6.85948E-007	0.004	-1.03478E-011	0	0
40	LOAD BUS10 ...							-0.004	1.03478E-011	0	0	0	0
41	BUS11	1	1	0.997615		0.239428	-30.4025						
42	LINE BUS3 BU...							-0.00401005	-6.85948E-007	0.004	-1.03478E-011	0	0
43	LOAD BUS11 ...							-0.004	1.03478E-011	0	0	0	0

Sterkt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 11 (20kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kW	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0493094	-0.000172806	0.0483093	3.78329E-005	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0493094	0.000172806	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999469		0.239873	-30.1584						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0123093	-3.78338E-005	0.0122764	1.88757E-005	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0493094	-0.000172806	0.0483093	3.78329E-005	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.096	2.28636E-009	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...							0.06	-3.92543E-010	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.996793		0.23923	-30.2464						
10	LINE BUS2 BU...							-0.0123093	-3.78338E-005	0.0122764	1.88757E-005	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.00402376	-1.62226E-006	0.004	3.47658E-011	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.00402033	-1.38823E-006	0.004	6.46383E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.00402033	-1.38823E-006	0.004	6.46383E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.00401692	-1.15489E-006	0.004	1.16417E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.00401351	-9.22269E-007	0.004	-7.2918E-011	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.00401351	-9.22269E-007	0.004	-7.2918E-011	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.00401012	-6.90534E-007	0.004	-6.6652E-011	0	0
18	LINE BUS3 BU...							0.0158421	-1.07867E-005	-0.016	-2.87578E-010	0	0
19	BUS4	1	1	0.990906		0.237817	-30.2695						
20	LINE BUS3 BU...							-0.00402376	-1.62226E-006	0.004	3.47658E-011	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.004	-3.47658E-011	0	0	0	0
22	BUS5	1	1	0.991751		0.23802	-30.2662						
23	LINE BUS3 BU...							-0.00402033	-1.38823E-006	0.004	6.46383E-011	0	0
24	LOAD BUS5 0							-0.004	-6.46383E-011	0	0	0	0
25	BUS6	1	1	0.991751		0.23802	-30.2662						
26	LINE BUS3 BU...							-0.00402033	-1.38823E-006	0.004	6.46383E-011	0	0
27	LOAD BUS6 0							-0.004	-6.46383E-011	0	0	0	0
28	BUS7	1	1	0.992595		0.238223	-30.2629						
29	LINE BUS3 BU...							-0.00401692	-1.15489E-006	0.004	1.16417E-010	0	0
30	LOAD BUS7 0							-0.004	-1.16417E-010	0	0	0	0
31	BUS8	1	1	0.993438		0.238425	-30.2596						
32	LINE BUS3 BU...							-0.00401351	-9.22269E-007	0.004	-7.2918E-011	0	0
33	LOAD BUS8 0							-0.004	7.2918E-011	0	0	0	0
34	BUS9	1	1	0.993438		0.238425	-30.2596						
35	LINE BUS3 BU...							-0.00401351	-9.22269E-007	0.004	-7.2918E-011	0	0
36	LOAD BUS9 0							-0.004	7.2918E-011	0	0	0	0
37	BUS10	1	1	0.994279		0.238627	-30.2563						
38	LINE BUS3 BU...							-0.00401012	-6.90534E-007	0.004	-6.6652E-011	0	0
39	LOAD BUS10 ...							-0.004	6.6652E-011	0	0	0	0
40	BUS11	1	1	1.00673		0.241614	-30.2074						
41	LINE BUS3 BU...							0.0158421	-1.07867E-005	-0.016	-2.87578E-010	0	0
42	LOAD BUS11 ...							-0.004	-4.58815E-011	0	0	0	0
43	PROD GENERAT...							0.02	3.07447E-010	0	0	0	0

Sterkt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 11 (20kW cos $\phi = 0,9$)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kW	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0494033	0.0384728	0.0483851	-0.0386921	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0494033	-0.0384728	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	1.00166		0.240398	-30.1821						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0123851	0.00963307	0.0123318	-0.00966374	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0494033	0.0384728	0.0483851	-0.0386921	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.096	1.31502E-009	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...							0.06	0.029059	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	1.00018		0.240044	-30.3902						
10	LINE BUS2 BU...							-0.0123851	0.00963307	0.0123318	-0.00966374	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.0040236	-1.61113E-006	0.004	8.98414E-011	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.0040202	-1.37844E-006	0.004	2.32031E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.0040202	-1.37844E-006	0.004	2.32031E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.0040168	-1.14694E-006	0.004	-6.80659E-011	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.00401342	-9.15814E-007	0.004	-5.88246E-011	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.00401342	-9.15814E-007	0.004	-5.88246E-011	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.00401005	-6.85734E-007	0.004	-2.39875E-010	0	0
18	LINE BUS3 BU...							0.0157859	0.00967177	-0.016	-0.0096864	0	0
19	BUS4	1	1	0.994316		0.238636	-30.4132						
20	LINE BUS3 BU...							-0.0040236	-1.61113E-006	0.004	8.98414E-011	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.004	-8.98414E-011	0	0	0	0
22	BUS5	1	1	0.995159		0.238838	-30.4099						
23	LINE BUS3 BU...							-0.0040202	-1.37844E-006	0.004	2.32031E-011	0	0
24	LOAD BUS5 0							-0.004	-2.32031E-011	0	0	0	0
25	BUS6	1	1	0.995159		0.238838	-30.4099						
26	LINE BUS3 BU...							-0.0040202	-1.37844E-006	0.004	2.32031E-011	0	0
27	LOAD BUS6 0							-0.004	-2.32031E-011	0	0	0	0
28	BUS7	1	1	0.996		0.23904	-30.4066						
29	LINE BUS3 BU...							-0.0040168	-1.14694E-006	0.004	-6.80659E-011	0	0
30	LOAD BUS7 0							-0.004	6.80659E-011	0	0	0	0
31	BUS8	1	1	0.996839		0.239241	-30.4033						
32	LINE BUS3 BU...							-0.00401342	-9.15814E-007	0.004	-5.88246E-011	0	0
33	LOAD BUS8 0							-0.004	5.88246E-011	0	0	0	0
34	BUS9	1	1	0.996839		0.239241	-30.4033						
35	LINE BUS3 BU...							-0.00401342	-9.15814E-007	0.004	-5.88246E-011	0	0
36	LOAD BUS9 0							-0.004	5.88246E-011	0	0	0	0
37	BUS10	1	1	0.997677		0.239443	-30.4						
38	LINE BUS3 BU...							-0.00401005	-6.85734E-007	0.004	-2.39875E-010	0	0
39	LOAD BUS10 ...							-0.004	-2.39875E-010	0	0	0	0
40	BUS11	1	1	1.01047		0.242514	-30.6947						
41	LINE BUS3 BU...							0.0157859	0.00967177	-0.016	-0.0096864	0	0
42	LOAD BUS11 ...							-0.004	-2.06959E-010	0	0	0	0
43	PROD GENERAT...							0.02	0.0096864	0	0	0	0

Sterkt nett, lav last (4kW) og stor produksjon hos alle sluttbrukerne (2,5kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kW	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0490494	-0.000152924	0.0480495	1.9387E-005	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0490494	0.000152924	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999473		0.239874	-30.1575						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0120495	-1.93867E-005	0.012018	1.22031E-006	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0490494	-0.000152924	0.0480495	1.9387E-005	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.096	1.03728E-009	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...							0.06	2.35207E-010	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.996856		0.239245	-30.2439						
10	LINE BUS2 BU...							-0.0120495	-1.93867E-005	0.012018	1.22031E-006	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.00150332	-2.25055E-007	0.0015	3.85682E-011	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.00150284	-1.92784E-007	0.0015	-3.22312E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.00150284	-1.92784E-007	0.0015	-3.22312E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.00150237	-1.60552E-007	0.0015	5.48256E-012	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.00150189	-1.2836E-007	0.0015	-2.34204E-011	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.00150189	-1.2836E-007	0.0015	-2.34204E-011	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.00150142	-9.62129E-008	0.0015	1.72234E-011	0	0
18	LINE BUS3 BU...							-0.00150142	-9.62129E-008	0.0015	1.72234E-011	0	0
19	BUS4	1	1	0.994656		0.238717	-30.2526						
20	LINE BUS3 BU...							-0.00150332	-2.25055E-007	0.0015	3.85682E-011	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.004	-3.33498E-011	0	0	0	0
22	PROD GENERAT...							0.0025	3.38533E-011	0	0	0	0
23	BUS5	1	1	0.994971		0.238793	-30.2513						
24	LINE BUS3 BU...							-0.00150284	-1.92784E-007	0.0015	-3.22312E-011	0	0
25	LOAD BUS5 0							-0.004	9.46977E-011	0	0	0	0
26	PROD GENERAT...							0.0025	-6.89713E-011	0	0	0	0
27	BUS6	1	1	0.994971		0.238793	-30.2513						
28	LINE BUS3 BU...							-0.00150284	-1.92784E-007	0.0015	-3.22312E-011	0	0
29	LOAD BUS6 0							-0.004	9.46977E-011	0	0	0	0
30	PROD GENERAT...							0.0025	-6.89713E-011	0	0	0	0
31	BUS7	1	1	0.995286		0.238869	-30.2501						
32	LINE BUS3 BU...							-0.00150237	-1.60552E-007	0.0015	5.48256E-012	0	0
33	LOAD BUS7 0							-0.004	1.07078E-010	0	0	0	0
34	PROD GENERAT...							0.0025	5.03335E-011	0	0	0	0
35	BUS8	1	1	0.9956		0.238944	-30.2488						
36	LINE BUS3 BU...							-0.00150189	-1.2836E-007	0.0015	-2.34204E-011	0	0
37	LOAD BUS8 0							-0.004	-9.38756E-011	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.0025	-6.53933E-012	0	0	0	0
39	BUS9	1	1	0.9956		0.238944	-30.2488						
40	LINE BUS3 BU...							-0.00150189	-1.2836E-007	0.0015	-2.34204E-011	0	0
41	LOAD BUS9 0							-0.004	-9.38756E-011	0	0	0	0
42	PROD GENERAT...							0.0025	-6.53933E-012	0	0	0	0
43	BUS10	1	1	0.995914		0.239019	-30.2476						
44	LINE BUS3 BU...							-0.00150142	-9.62129E-008	0.0015	1.72234E-011	0	0
45	LOAD BUS10 ...							-0.004	-7.19465E-011	0	0	0	0
46	PROD GENERAT...							0.0025	6.77318E-011	0	0	0	0
47	BUS11	1	1	0.995914		0.239019	-30.2476						
48	LINE BUS3 BU...							-0.00150142	-9.62129E-008	0.0015	1.72234E-011	0	0
49	LOAD BUS11 ...							-0.004	-7.19465E-011	0	0	0	0
50	PROD GENERAT...							0.0025	6.77318E-011	0	0	0	0

Sterkt nett, lav last (4kW) og stor produksjon hos alle sluttbrukerne (2,5kW cos ϕ = 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kw	FI(u) Dec.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0490992	0.0384959	0.0480812	-0.0387136	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0490992	-0.0384959	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	1.00166		0.240399	-30.1811						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0120812	0.0096546	0.0120295	-0.00968439	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0490992	0.0384959	0.0480812	-0.0387136	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.096	-2.05394E-009	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...							0.06	0.029059	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	1.00026		0.240061	-30.3873						
10	LINE BUS2 BU...							-0.0120812	0.0096546	0.0120295	-0.00968439	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.00150544	0.00121043	0.0015	-0.0012108	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.00150466	0.00121048	0.0015	-0.0012108	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.00150466	0.00121048	0.0015	-0.0012108	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.00150388	0.00121054	0.0015	-0.0012108	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.0015031	0.00121059	0.0015	-0.0012108	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.0015031	0.00121059	0.0015	-0.0012108	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.00150233	0.00121064	0.0015	-0.0012108	0	0
18	LINE BUS3 BU...							-0.00150233	0.00121064	0.0015	-0.0012108	0	0
19	BUS4	1	1	0.998184		0.239564	-30.4972						
20	LINE BUS2 BU...							-0.00150544	0.00121043	0.0015	-0.0012108	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.004	5.77894E-011	0	0	0	0
22	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
23	BUS5	1	1	0.99848		0.239635	-30.4815						
24	LINE BUS3 BU...							-0.00150466	0.00121048	0.0015	-0.0012108	0	0
25	LOAD BUS5 0							-0.004	-1.19141E-010	0	0	0	0
26	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
27	BUS6	1	1	0.99848		0.239635	-30.4815						
28	LINE BUS3 BU...							-0.00150466	0.00121048	0.0015	-0.0012108	0	0
29	LOAD BUS6 0							-0.004	-1.19141E-010	0	0	0	0
30	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
31	BUS7	1	1	0.998777		0.239706	-30.4658						
32	LINE BUS3 BU...							-0.00150388	0.00121054	0.0015	-0.0012108	0	0
33	LOAD BUS7 0							-0.004	-2.92711E-011	0	0	0	0
34	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
35	BUS8	1	1	0.999073		0.239778	-30.45						
36	LINE BUS3 BU...							-0.0015031	0.00121059	0.0015	-0.0012108	0	0
37	LOAD BUS8 0							-0.004	-1.51788E-010	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
39	BUS9	1	1	0.999073		0.239778	-30.45						
40	LINE BUS3 BU...							-0.0015031	0.00121059	0.0015	-0.0012108	0	0
41	LOAD BUS9 0							-0.004	-1.51788E-010	0	0	0	0
42	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
43	BUS10	1	1	0.999369		0.239849	-30.4343						
44	LINE BUS3 BU...							-0.00150233	0.00121064	0.0015	-0.0012108	0	0
45	LOAD BUS10 ...							-0.004	-1.84781E-010	0	0	0	0
46	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
47	BUS11	1	1	0.999369		0.239849	-30.4343						
48	LINE BUS3 BU...							-0.00150233	0.00121064	0.0015	-0.0012108	0	0
49	LOAD BUS11 ...							-0.004	-1.84781E-010	0	0	0	0
50	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0

Sterkt nett, stor last (20kW) og liten produksjon på bus 4 (8kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.622021	-0.0254154	0.616894	0.00350435	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.622021	0.0254154	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.992494		0.238199	-32.0164						
5	LINE BUS2 BU...							-0.160894	-0.00350436	0.155188	0.000217833	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.622021	-0.0254154	0.616894	0.00350435	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.48	-1.10319E-009	0	0	0	0
8	PROD BUS2							0.024	-2.51642E-010	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.957071		0.229697	-33.1837						
10	LINE BUS2 BU...							-0.160894	-0.00350436	0.155188	0.000217833	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.0122385	-1.62937E-005	0.012	-1.75625E-010	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.0205779	-3.94864E-005	0.02	-2.53191E-010	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.0205779	-3.94864E-005	0.02	-2.53191E-010	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.0204768	-3.25827E-005	0.02	1.51002E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.0203778	-2.58149E-005	0.02	2.60805E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.0203778	-2.58149E-005	0.02	2.60805E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.0202806	-1.91769E-005	0.02	6.06491E-011	0	0
18	LINE BUS3 BU...							-0.0202806	-1.91769E-005	0.02	6.06491E-011	0	0
19	BUS4	1	1	0.938422	** Low **	0.225221	-33.26						
20	LINE BUS3 BU...							-0.0122385	-1.62937E-005	0.012	-1.75625E-010	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.02	5.42355E-010	0	0	0	0
22	PROD GENERAT...							0.008	-4.55727E-010	0	0	0	0
23	BUS5	1	1	0.930193	** Low **	0.223246	-33.2936						
24	LINE BUS3 BU...							-0.0205779	-3.94864E-005	0.02	-2.53191E-010	0	0
25	LOAD BUS5 0							-0.02	2.53191E-010	0	0	0	0
26	BUS6	1	1	0.930193	** Low **	0.223246	-33.2936						
27	LINE BUS3 BU...							-0.0205779	-3.94864E-005	0.02	-2.53191E-010	0	0
28	LOAD BUS6 0							-0.02	2.53191E-010	0	0	0	0
29	BUS7	1	1	0.934783	** Low **	0.224348	-33.2749						
30	LINE BUS3 BU...							-0.0204768	-3.25827E-005	0.02	1.51002E-010	0	0
31	LOAD BUS7 0							-0.02	-1.51002E-010	0	0	0	0
32	BUS8	1	1	0.939327	** Low **	0.225438	-33.2563						
33	LINE BUS3 BU...							-0.0203778	-2.58149E-005	0.02	2.60805E-010	0	0
34	LOAD BUS8 0							-0.02	-2.60805E-010	0	0	0	0
35	BUS9	1	1	0.939327	** Low **	0.225438	-33.2563						
36	LINE BUS3 BU...							-0.0203778	-2.58149E-005	0.02	2.60805E-010	0	0
37	LOAD BUS9 0							-0.02	-2.60805E-010	0	0	0	0
38	BUS10	1	1	0.943827	** Low **	0.226518	-33.2379						
39	LINE BUS3 BU...							-0.0202806	-1.91769E-005	0.02	6.06491E-011	0	0
40	LOAD BUS10 ...							-0.02	-6.06491E-011	0	0	0	0
41	BUS11	1	1	0.943827	** Low **	0.226518	-33.2379						
42	LINE BUS3 BU...							-0.0202806	-1.91769E-005	0.02	6.06491E-011	0	0
43	LOAD BUS11 ...							-0.02	-6.06491E-011	0	0	0	0

Sterkt nett, stor last (20kW) og liten produksjon på bus 4 (8kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.622018	-0.00987923	0.616896	-0.0120005	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.622018	0.00987923	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.993379		0.238411	-32.0242						
5	LINE BUS2 BU...							-0.160896	0.000376546	0.155203	-0.00365576	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.622018	-0.00987923	0.616896	-0.0120005	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.48	5.53399E-009	0	0	0	0
8	PROD BUS2							0.024	0.011624	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.958493		0.230038	-33.2395						
10	LINE BUS2 BU...							-0.160896	0.000376546	0.155203	-0.00365576	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.0122623	0.00385668	0.012	-0.0038746	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.020576	-3.93622E-005	0.02	-2.22757E-010	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.020576	-3.93622E-005	0.02	-2.22757E-010	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.0204754	-3.24819E-005	0.02	-1.21372E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.0203766	-2.57353E-005	0.02	1.19911E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.0203766	-2.57353E-005	0.02	1.19911E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.0202798	-1.91184E-005	0.02	3.56285E-010	0	0
18	LINE BUS3 BU...							-0.0202798	-1.91184E-005	0.02	3.56285E-010	0	0
19	BUS4	1	1	0.940264	** Low **	0.225663	-33.6747						
20	LINE BUS3 BU...							-0.0122623	0.00385668	0.012	-0.0038746	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.02	1.17342E-010	0	0	0	0
22	PROD GENERAT...							0.008	0.0038746	0	0	0	0
23	BUS5	1	1	0.931657	** Low **	0.223598	-33.3491						
24	LINE BUS3 BU...							-0.020576	-3.93622E-005	0.02	-2.22757E-010	0	0
25	LOAD BUS5 0							-0.02	2.22757E-010	0	0	0	0
26	BUS6	1	1	0.931657	** Low **	0.223598	-33.3491						
27	LINE BUS3 BU...							-0.020576	-3.93622E-005	0.02	-2.22757E-010	0	0
28	LOAD BUS6 0							-0.02	2.22757E-010	0	0	0	0
29	BUS7	1	1	0.936239	** Low **	0.224697	-33.3304						
30	LINE BUS3 BU...							-0.0204754	-3.24819E-005	0.02	-1.21372E-010	0	0
31	LOAD BUS7 0							-0.02	1.21372E-010	0	0	0	0
32	BUS8	1	1	0.940776	** Low **	0.225786	-33.3118						
33	LINE BUS3 BU...							-0.0203766	-2.57353E-005	0.02	1.19911E-010	0	0
34	LOAD BUS8 0							-0.02	-1.19911E-010	0	0	0	0
35	BUS9	1	1	0.940776	** Low **	0.225786	-33.3118						
36	LINE BUS3 BU...							-0.0203766	-2.57353E-005	0.02	1.19911E-010	0	0
37	LOAD BUS9 0							-0.02	-1.19911E-010	0	0	0	0
38	BUS10	1	1	0.945268	** Low **	0.226864	-33.2935						
39	LINE BUS3 BU...							-0.0202798	-1.91184E-005	0.02	3.56285E-010	0	0
40	LOAD BUS10 ...							-0.02	-3.56285E-010	0	0	0	0
41	BUS11	1	1	0.945268	** Low **	0.226864	-33.2935						
42	LINE BUS3 BU...							-0.0202798	-1.91184E-005	0.02	3.56285E-010	0	0
43	LOAD BUS11 ...							-0.02	-3.56285E-010	0	0	0	0

Sterkt nett, stor last (20kW) og liten produksjon på bus 11 (8kW)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.622307	-0.0254652	0.617176	0.0035339	0	0
3	PROD STIVNET...						0.622307	0.0254652	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.992489		0.238197	-32.0173					
5	LINE BUS2 BU...						-0.161176	-0.00353389	0.15545	0.000235754	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.622307	-0.0254652	0.617176	0.0035339	0	0
7	LOAD BUS2 0						-0.48	4.55412E-009	0	0	0	0
8	PROD BUS2						0.024	4.76068E-010	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.957001		0.22968	-33.1865					
10	LINE BUS2 BU...						-0.161176	-0.00353389	0.15545	0.000235754	0	0
11	LINE BUS3 BU...						-0.0206811	-4.65372E-005	0.02	3.09402E-010	0	0
12	LINE BUS3 BU...						-0.020578	-3.94914E-005	0.02	2.56621E-010	0	0
13	LINE BUS3 BU...						-0.020578	-3.94914E-005	0.02	2.56621E-010	0	0
14	LINE BUS3 BU...						-0.0204769	-3.25876E-005	0.02	-2.41608E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...						-0.0203778	-2.58183E-005	0.02	-8.94019E-011	0	0
16	LINE BUS3 BU...						-0.0203778	-2.58183E-005	0.02	-8.94019E-011	0	0
17	LINE BUS3 BU...						-0.0202807	-1.91793E-005	0.02	2.63586E-010	0	0
18	LINE BUS3 BU...						-0.0120999	-6.82655E-006	0.012	3.89444E-010	0	0
19	BUS4	1	1	0.925483	** Low **	0.222116	-33.3154					
20	LINE BUS3 BU...						-0.0206811	-4.65372E-005	0.02	3.09402E-010	0	0
21	LOAD BUS4 0						-0.02	-3.09402E-010	0	0	0	0
22	BUS5	1	1	0.930121	** Low **	0.223229	-33.2964					
23	LINE BUS3 BU...						-0.020578	-3.94914E-005	0.02	2.56621E-010	0	0
24	LOAD BUS5 0						-0.02	-2.56621E-010	0	0	0	0
25	BUS6	1	1	0.930121	** Low **	0.223229	-33.2964					
26	LINE BUS3 BU...						-0.020578	-3.94914E-005	0.02	2.56621E-010	0	0
27	LOAD BUS6 0						-0.02	-2.56621E-010	0	0	0	0
28	BUS7	1	1	0.934711	** Low **	0.224331	-33.2776					
29	LINE BUS3 BU...						-0.0204769	-3.25876E-005	0.02	-2.41608E-010	0	0
30	LOAD BUS7 0						-0.02	2.41608E-010	0	0	0	0
31	BUS8	1	1	0.939255	** Low **	0.225421	-33.259					
32	LINE BUS3 BU...						-0.0203778	-2.58183E-005	0.02	-8.94019E-011	0	0
33	LOAD BUS8 0						-0.02	8.94019E-011	0	0	0	0
34	BUS9	1	1	0.939255	** Low **	0.225421	-33.259					
35	LINE BUS3 BU...						-0.0203778	-2.58183E-005	0.02	-8.94019E-011	0	0
36	LOAD BUS9 0						-0.02	8.94019E-011	0	0	0	0
37	BUS10	1	1	0.943755	** Low **	0.226501	-33.2406					
38	LINE BUS3 BU...						-0.0202807	-1.91793E-005	0.02	2.63586E-010	0	0
39	LOAD BUS10 ...						-0.02	-2.63586E-010	0	0	0	0
40	BUS11	1	1	0.949098	** Low **	0.227784	-33.2188					
41	LINE BUS3 BU...						-0.0120999	-6.82655E-006	0.012	3.89444E-010	0	0
42	LOAD BUS11 ...						-0.02	-6.55899E-010	0	0	0	0
43	PROD GENERAT...						0.008	-1.11859E-010	0	0	0	0

Sterkt nett, stor last (20kW) og liten produksjon på bus 11 (8kW cos ϕ = 0,9)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.622288	-0.00992603	0.617162	-0.0119728	0	0
3	PROD STIVNET...						0.622288	0.00992603	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.993374		0.23841	-32.0251					
5	LINE BUS2 BU...						-0.161162	0.000348778	0.15545	-0.00363888	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.622288	-0.00992603	0.617162	-0.0119728	0	0
7	LOAD BUS2 0						-0.48	1.20212E-008	0	0	0	0
8	PROD BUS2						0.024	0.011624	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.958426		0.230022	-33.2421					
10	LINE BUS2 BU...						-0.161162	0.000348778	0.15545	-0.00363888	0	0
11	LINE BUS3 BU...						-0.0206789	-4.63884E-005	0.02	1.59481E-010	0	0
12	LINE BUS3 BU...						-0.0205761	-3.9368E-005	0.02	-8.1992E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...						-0.0205761	-3.9368E-005	0.02	-8.1992E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...						-0.0204754	-3.24859E-005	0.02	-5.07195E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...						-0.0203767	-2.57385E-005	0.02	-3.15859E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...						-0.0203767	-2.57385E-005	0.02	-3.15859E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...						-0.0202798	-1.91207E-005	0.02	1.02012E-009	0	0
18	LINE BUS3 BU...						-0.01211	0.00386709	0.012	-0.0038746	0	0
19	BUS4	1	1	0.926959	** Low **	0.22247	-33.3706					
20	LINE BUS3 BU...						-0.0206789	-4.63884E-005	0.02	1.59481E-010	0	0
21	LOAD BUS4 0						-0.02	-1.59481E-010	0	0	0	0
22	BUS5	1	1	0.931589	** Low **	0.223581	-33.3517					
23	LINE BUS3 BU...						-0.0205761	-3.9368E-005	0.02	-8.1992E-011	0	0
24	LOAD BUS5 0						-0.02	8.1992E-011	0	0	0	0
25	BUS6	1	1	0.931589	** Low **	0.223581	-33.3517					
26	LINE BUS3 BU...						-0.0205761	-3.9368E-005	0.02	-8.1992E-011	0	0
27	LOAD BUS6 0						-0.02	8.1992E-011	0	0	0	0
28	BUS7	1	1	0.936171	** Low **	0.224681	-33.333					
29	LINE BUS3 BU...						-0.0204754	-3.24859E-005	0.02	-5.07195E-010	0	0
30	LOAD BUS7 0						-0.02	5.07195E-010	0	0	0	0
31	BUS8	1	1	0.940709	** Low **	0.22577	-33.3144					
32	LINE BUS3 BU...						-0.0203767	-2.57385E-005	0.02	-3.15859E-010	0	0
33	LOAD BUS8 0						-0.02	3.15859E-010	0	0	0	0
34	BUS9	1	1	0.940709	** Low **	0.22577	-33.3144					
35	LINE BUS3 BU...						-0.0203767	-2.57385E-005	0.02	-3.15859E-010	0	0
36	LOAD BUS9 0						-0.02	3.15859E-010	0	0	0	0
37	BUS10	1	1	0.945201	** Low **	0.226848	-33.2961					
38	LINE BUS3 BU...						-0.0202798	-1.91207E-005	0.02	1.02012E-009	0	0
39	LOAD BUS10 ...						-0.02	-1.02012E-009	0	0	0	0
40	BUS11	1	1	0.950707		0.22817	-33.4266					
41	LINE BUS3 BU...						-0.01211	0.00386709	0.012	-0.0038746	0	0
42	LOAD BUS11 ...						-0.02	2.17234E-010	0	0	0	0
43	PROD GENERAT...						0.008	0.0038746	0	0	0	0

Sterkt nett, stor last (20kW) og stor produksjon på bus 4 (20kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U.kV	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.572217	-0.0215023	0.56773	0.00296683	0	0
3	PROD STIVNET...							0.572217	0.0215023	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.993157		0.238358	-31.8547						
5	LINE BUS2 BU...							-0.14773	-0.00296682	0.142926	0.000199964	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.572217	-0.0215023	0.56773	0.00296683	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.48	-2.39458E-008	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...							0.06	2.99322E-009	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.96067		0.230561	-32.925						
10	LINE BUS2 BU...							-0.14773	-0.00296682	0.142926	0.000199964	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-3.40332E-017	1.47295E-009	-3.13705E-017	-4.13723E-019	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.0205733	-3.91736E-005	0.02	5.28671E-010	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.0205733	-3.91736E-005	0.02	5.28671E-010	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.0204731	-3.23278E-005	0.02	6.52884E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.0203749	-2.56146E-005	0.02	-2.65885E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.0203749	-2.56146E-005	0.02	-2.65885E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.0202785	-1.90295E-005	0.02	-2.83775E-010	0	0
18	LINE BUS3 BU...							-0.0202785	-1.90295E-005	0.02	-2.83775E-010	0	0
19	BUS4	1	1	0.96067		0.230561	-32.925						
20	LINE BUS3 BU...							-3.40332E-017	1.47295E-009	-3.13705E-017	-4.13723E-019	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.02	-1.00982E-009	0	0	0	0
22	PROD GENERAT...							0.02	1.00982E-009	0	0	0	0
23	BUS5	1	1	0.933899	** Low **	0.224136	-33.0341						
24	LINE BUS3 BU...							-0.0205733	-3.91736E-005	0.02	5.28671E-010	0	0
25	LOAD BUS5 0							-0.02	-5.28671E-010	0	0	0	0
26	BUS6	1	1	0.933899	** Low **	0.224136	-33.0341						
27	LINE BUS3 BU...							-0.0205733	-3.91736E-005	0.02	5.28671E-010	0	0
28	LOAD BUS6 0							-0.02	-5.28671E-010	0	0	0	0
29	BUS7	1	1	0.93847	** Low **	0.225233	-33.0155						
30	LINE BUS3 BU...							-0.0204731	-3.23278E-005	0.02	6.52884E-010	0	0
31	LOAD BUS7 0							-0.02	-6.52884E-010	0	0	0	0
32	BUS8	1	1	0.942996	** Low **	0.226319	-32.997						
33	LINE BUS3 BU...							-0.0203749	-2.56146E-005	0.02	-2.65885E-010	0	0
34	LOAD BUS8 0							-0.02	2.65885E-010	0	0	0	0
35	BUS9	1	1	0.942996	** Low **	0.226319	-32.997						
36	LINE BUS3 BU...							-0.0203749	-2.56146E-005	0.02	-2.65885E-010	0	0
37	LOAD BUS9 0							-0.02	2.65885E-010	0	0	0	0
38	BUS10	1	1	0.947477	** Low **	0.227395	-32.9788						
39	LINE BUS3 BU...							-0.0202785	-1.90295E-005	0.02	-2.83775E-010	0	0
40	LOAD BUS10 ...							-0.02	2.83775E-010	0	0	0	0
41	BUS11	1	1	0.947477	** Low **	0.227395	-32.9788						
42	LINE BUS3 BU...							-0.0202785	-1.90295E-005	0.02	-2.83775E-010	0	0
43	LOAD BUS11 ...							-0.02	2.83775E-010	0	0	0	0

Sterkt nett, stor last (20kW) og stor produksjon på bus 4 (20kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U.kV	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.572338	0.0172394	0.567849	-0.0357733	0	0
3	PROD STIVNET...							0.572338	-0.0172394	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.995362		0.238887	-31.8749						
5	LINE BUS2 BU...							-0.147849	0.00671429	0.143051	-0.00947792	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.572338	0.0172394	0.567849	-0.0357733	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.48	7.4635E-009	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...							0.06	0.029059	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.964178		0.231403	-33.0654						
10	LINE BUS2 BU...							-0.147849	0.00671429	0.143051	-0.00947792	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.000146915	0.00967636	3.86654E-010	-0.0096864	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.0205689	-3.88716E-005	0.02	-5.38181E-010	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.0205689	-3.88716E-005	0.02	-5.38181E-010	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.0204695	-3.20807E-005	0.02	-5.23416E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.020372	-2.54206E-005	0.02	3.78268E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.020372	-2.54206E-005	0.02	3.78268E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.0202764	-1.88868E-005	0.02	-3.75438E-010	0	0
18	LINE BUS3 BU...							-0.0202764	-1.88868E-005	0.02	-3.75438E-010	0	0
19	BUS4	1	1	0.965067		0.231616	-33.9352						
20	LINE BUS3 BU...							-0.000146915	0.00967636	3.86654E-010	-0.0096864	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.02	-8.53816E-010	0	0	0	0
22	PROD GENERAT...							0.02	0.0096864	0	0	0	0
23	BUS5	1	1	0.93751	** Low **	0.225002	-33.1737						
24	LINE BUS3 BU...							-0.0205689	-3.88716E-005	0.02	-5.38181E-010	0	0
25	LOAD BUS5 0							-0.02	5.38181E-010	0	0	0	0
26	BUS6	1	1	0.93751	** Low **	0.225002	-33.1737						
27	LINE BUS3 BU...							-0.0205689	-3.88716E-005	0.02	-5.38181E-010	0	0
28	LOAD BUS6 0							-0.02	5.38181E-010	0	0	0	0
29	BUS7	1	1	0.942062	** Low **	0.226095	-33.1552						
30	LINE BUS3 BU...							-0.0204695	-3.20807E-005	0.02	-5.23416E-010	0	0
31	LOAD BUS7 0							-0.02	5.23416E-010	0	0	0	0
32	BUS8	1	1	0.94657	** Low **	0.227177	-33.1369						
33	LINE BUS3 BU...							-0.020372	-2.54206E-005	0.02	3.78268E-010	0	0
34	LOAD BUS8 0							-0.02	-3.78268E-010	0	0	0	0
35	BUS9	1	1	0.94657	** Low **	0.227177	-33.1369						
36	LINE BUS3 BU...							-0.020372	-2.54206E-005	0.02	3.78268E-010	0	0
37	LOAD BUS9 0							-0.02	-3.78268E-010	0	0	0	0
38	BUS10	1	1	0.951034		0.228248	-33.1187						
39	LINE BUS3 BU...							-0.0202764	-1.88868E-005	0.02	-3.75438E-010	0	0
40	LOAD BUS10 ...							-0.02	3.75438E-010	0	0	0	0
41	BUS11	1	1	0.951034		0.228248	-33.1187						
42	LINE BUS3 BU...							-0.0202764	-1.88868E-005	0.02	-3.75438E-010	0	0
43	LOAD BUS11 ...							-0.02	3.75438E-010	0	0	0	0

Sterkt nett, stor last (20kW) og stor produksjon på bus 11 (20kW)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.572648	-0.0215736	0.568155	0.00301004	0	0
3	PROD STIVNET...						0.572648	0.0215736	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.993149		0.238356	-31.8561					
5	LINE BUS2 BU...						-0.148156	-0.00301003	0.143324	0.000227139	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.572648	-0.0215736	0.568155	0.00301004	0	0
7	LOAD BUS2 0						-0.48	-1.45752E-009	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...						0.06	1.8219E-010	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.960565		0.230536	-32.9292					
10	LINE BUS2 BU...						-0.148156	-0.00301003	0.143324	0.000227139	0	0
11	LINE BUS3 BU...						-0.0206757	-4.61687E-005	0.02	1.25588E-010	0	0
12	LINE BUS3 BU...						-0.0205734	-3.91828E-005	0.02	1.5358E-010	0	0
13	LINE BUS3 BU...						-0.0205734	-3.91828E-005	0.02	1.5358E-010	0	0
14	LINE BUS3 BU...						-0.0204732	-3.23342E-005	0.02	4.26509E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...						-0.0203749	-2.56195E-005	0.02	3.93201E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...						-0.0203749	-2.56195E-005	0.02	3.93201E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...						-0.0202785	-1.90339E-005	0.02	-3.54868E-010	0	0
18	LINE BUS3 BU...						2.95636E-017	6.31127E-010	-2.4234E-017	-1.19374E-017	0	0
19	BUS4	1	1	0.929172	** Low **	0.223001	-33.0571					
20	LINE BUS3 BU...						-0.0206757	-4.61687E-005	0.02	1.25588E-010	0	0
21	LOAD BUS4 0						-0.02	-1.25588E-010	0	0	0	0
22	BUS5	1	1	0.93379	** Low **	0.22411	-33.0383					
23	LINE BUS3 BU...						-0.0205734	-3.91828E-005	0.02	1.5358E-010	0	0
24	LOAD BUS5 0						-0.02	-1.5358E-010	0	0	0	0
25	BUS6	1	1	0.93379	** Low **	0.22411	-33.0383					
26	LINE BUS3 BU...						-0.0205734	-3.91828E-005	0.02	1.5358E-010	0	0
27	LOAD BUS6 0						-0.02	-1.5358E-010	0	0	0	0
28	BUS7	1	1	0.938362	** Low **	0.225207	-33.0196					
29	LINE BUS3 BU...						-0.0204732	-3.23342E-005	0.02	4.26509E-010	0	0
30	LOAD BUS7 0						-0.02	-4.26509E-010	0	0	0	0
31	BUS8	1	1	0.942888	** Low **	0.226293	-33.0012					
32	LINE BUS3 BU...						-0.0203749	-2.56195E-005	0.02	3.93201E-010	0	0
33	LOAD BUS8 0						-0.02	-3.93201E-010	0	0	0	0
34	BUS9	1	1	0.942888	** Low **	0.226293	-33.0012					
35	LINE BUS3 BU...						-0.0203749	-2.56195E-005	0.02	3.93201E-010	0	0
36	LOAD BUS9 0						-0.02	-3.93201E-010	0	0	0	0
37	BUS10	1	1	0.94737	** Low **	0.227369	-32.9829					
38	LINE BUS3 BU...						-0.0202785	-1.90339E-005	0.02	-3.54868E-010	0	0
39	LOAD BUS10 ...						-0.02	3.54868E-010	0	0	0	0
40	BUS11	1	1	0.960565		0.230536	-32.9292					
41	LINE BUS3 BU...						2.95636E-017	6.31127E-010	-2.4234E-017	-1.19374E-017	0	0
42	LOAD BUS11 ...						-0.02	-5.83206E-011	0	0	0	0
43	PROD GENERAT...						0.02	5.83206E-011	0	0	0	0

Sterkt nett, stor last (20kW) og stor produksjon på bus 11 (20kW cos φ= 0,9)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.572674	0.0171841	0.568181	-0.0357397	0	0
3	PROD STIVNET...						0.572674	-0.0171841	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.995356		0.238885	-31.876					
5	LINE BUS2 BU...						-0.148181	0.0068069	0.143362	-0.0094567	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.572674	0.0171841	0.568181	-0.0357397	0	0
7	LOAD BUS2 0						-0.48	1.01215E-008	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...						0.06	0.029059	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.964096		0.231383	-33.0686					
10	LINE BUS2 BU...						-0.148181	0.0068069	0.143362	-0.0094567	0	0
11	LINE BUS3 BU...						-0.0206704	-4.58075E-005	0.02	-1.57264E-010	0	0
12	LINE BUS3 BU...						-0.020569	-3.88793E-005	0.02	-6.02193E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...						-0.020569	-3.88793E-005	0.02	-6.02193E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...						-0.0204696	-3.20869E-005	0.02	3.59102E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...						-0.0203721	-2.54258E-005	0.02	-3.74939E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...						-0.0203721	-2.54258E-005	0.02	-3.74939E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...						-0.0202765	-1.88906E-005	0.02	3.0632E-010	0	0
18	LINE BUS3 BU...						-6.30373E-005	0.00968209	1.93309E-010	-0.0096864	0	0
19	BUS4	1	1	0.932827	** Low **	0.223878	-33.1956					
20	LINE BUS3 BU...						-0.0206704	-4.58075E-005	0.02	-1.57264E-010	0	0
21	LOAD BUS4 0						-0.02	1.57264E-010	0	0	0	0
22	BUS5	1	1	0.937425	** Low **	0.224982	-33.1769					
23	LINE BUS3 BU...						-0.020569	-3.88793E-005	0.02	-6.02193E-011	0	0
24	LOAD BUS5 0						-0.02	6.02193E-011	0	0	0	0
25	BUS6	1	1	0.937425	** Low **	0.224982	-33.1769					
26	LINE BUS3 BU...						-0.020569	-3.88793E-005	0.02	-6.02193E-011	0	0
27	LOAD BUS6 0						-0.02	6.02193E-011	0	0	0	0
28	BUS7	1	1	0.941978	** Low **	0.226075	-33.1584					
29	LINE BUS3 BU...						-0.0204696	-3.20869E-005	0.02	3.59102E-010	0	0
30	LOAD BUS7 0						-0.02	-3.59102E-010	0	0	0	0
31	BUS8	1	1	0.946486	** Low **	0.227157	-33.1401					
32	LINE BUS3 BU...						-0.0203721	-2.54258E-005	0.02	-3.74939E-010	0	0
33	LOAD BUS8 0						-0.02	3.74939E-010	0	0	0	0
34	BUS9	1	1	0.946486	** Low **	0.227157	-33.1401					
35	LINE BUS3 BU...						-0.0203721	-2.54258E-005	0.02	-3.74939E-010	0	0
36	LOAD BUS9 0						-0.02	3.74939E-010	0	0	0	0
37	BUS10	1	1	0.950951		0.228228	-33.122					
38	LINE BUS3 BU...						-0.0202765	-1.88906E-005	0.02	3.0632E-010	0	0
39	LOAD BUS10 ...						-0.02	-3.0632E-010	0	0	0	0
40	BUS11	1	1	0.964504		0.231481	-33.4416					
41	LINE BUS3 BU...						-6.30373E-005	0.00968209	1.93309E-010	-0.0096864	0	0
42	LOAD BUS11 ...						-0.02	-3.50856E-010	0	0	0	0
43	PROD GENERAT...						0.02	0.0096864	0	0	0	0

Sterkt nett, stor last (20kW) og stor produksjon hos alle sluttbrukerne (2,5kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U KV	Fi(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.572015	-0.0214689	0.567531	0.00294658	0	0
3	PROD STIVNET...							0.572015	0.0214689	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.99316		0.238358	-31.854						
5	LINE BUS2 BU...							-0.147531	-0.00294659	0.14274	0.000187231	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.572015	-0.0214689	0.567531	0.00294658	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.48	1.89836E-008	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...							0.06	-2.37295E-009	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.96072		0.230573	-32.9231						
10	LINE BUS2 BU...							-0.147531	-0.00294659	0.14274	0.000187231	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.0180126	-3.50296E-005	0.0175	3.20676E-010	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.0179357	-2.97689E-005	0.0175	-5.94567E-011	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.0179357	-2.97689E-005	0.0175	-5.94567E-011	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.01786	-2.45995E-005	0.0175	-3.05905E-010	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.0177856	-1.95158E-005	0.0175	-7.12649E-010	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.0177856	-1.95158E-005	0.0175	-7.12649E-010	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.0177124	-1.45165E-005	0.0175	1.17683E-009	0	0
18	LINE BUS3 BU...							-0.0177124	-1.45165E-005	0.0175	1.17683E-009	0	0
19	BUS4	1	1	0.933376	** Low **	0.22401	-33.0345						
20	LINE BUS3 BU...							-0.0180126	-3.50296E-005	0.0175	3.20676E-010	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.02	-1.22487E-010	0	0	0	0
22	PROD GENERAT...							0.0025	1.53108E-011	0	0	0	0
23	BUS5	1	1	0.937382	** Low **	0.224972	-33.0182						
24	LINE BUS3 BU...							-0.0179357	-2.97689E-005	0.0175	-5.94567E-011	0	0
25	LOAD BUS5 0							-0.02	-1.37474E-011	0	0	0	0
26	PROD GENERAT...							0.0025	1.71842E-012	0	0	0	0
27	BUS6	1	1	0.937382	** Low **	0.224972	-33.0182						
28	LINE BUS3 BU...							-0.0179357	-2.97689E-005	0.0175	-5.94567E-011	0	0
29	LOAD BUS6 0							-0.02	-1.37474E-011	0	0	0	0
30	PROD GENERAT...							0.0025	1.71842E-012	0	0	0	0
31	BUS7	1	1	0.941354	** Low **	0.225925	-33.002						
32	LINE BUS3 BU...							-0.01786	-2.45995E-005	0.0175	-3.05905E-010	0	0
33	LOAD BUS7 0							-0.02	3.74135E-010	0	0	0	0
34	PROD GENERAT...							0.0025	-4.67668E-011	0	0	0	0
35	BUS8	1	1	0.945292	** Low **	0.22687	-32.986						
36	LINE BUS3 BU...							-0.0177856	-1.95158E-005	0.0175	-7.12649E-010	0	0
37	LOAD BUS8 0							-0.02	2.95382E-010	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.0025	-3.69227E-011	0	0	0	0
39	BUS9	1	1	0.945292	** Low **	0.22687	-32.986						
40	LINE BUS3 BU...							-0.0177856	-1.95158E-005	0.0175	-7.12649E-010	0	0
41	LOAD BUS9 0							-0.02	2.95382E-010	0	0	0	0
42	PROD GENERAT...							0.0025	-3.69227E-011	0	0	0	0
43	BUS10	1	1	0.949197	** Low **	0.227807	-32.97						
44	LINE BUS3 BU...							-0.0177124	-1.45165E-005	0.0175	1.17683E-009	0	0
45	LOAD BUS10 ...							-0.02	-7.7448E-010	0	0	0	0
46	PROD GENERAT...							0.0025	9.681E-011	0	0	0	0
47	BUS11	1	1	0.949197	** Low **	0.227807	-32.97						
48	LINE BUS3 BU...							-0.0177124	-1.45165E-005	0.0175	1.17683E-009	0	0
49	LOAD BUS11 ...							-0.02	-7.7448E-010	0	0	0	0
50	PROD GENERAT...							0.0025	9.681E-011	0	0	0	0

Sterkt nett, stor last (20kW) og stor produksjon hos alle sluttbrukerne (2,5kW cos $\phi=0,9$)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U KV	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		22	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.571992	0.0172962	0.567507	-0.0358078	0	0
3	PROD STIVNET...							0.571992	-0.0172962	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.995368		0.238888	-31.8738						
5	LINE BUS2 BU...							-0.147507	0.00674882	0.142732	-0.00949975	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.571992	0.0172962	0.567507	-0.0358078	0	0
7	LOAD BUS2 0							-0.48	8.53396E-009	0	0	0	0
8	PROD GENERAT...							0.06	0.029059	0	0	0	0
9	BUS3	1	1	0.964263		0.231423	-33.0621						
10	LINE BUS2 BU...							-0.147507	0.00674882	0.142732	-0.00949975	0	0
11	LINE BUS3 BU...							-0.018011	0.00117589	0.0175	-0.0012108	0	0
12	LINE BUS3 BU...							-0.0179343	0.00118113	0.0175	-0.0012108	0	0
13	LINE BUS3 BU...							-0.0179343	0.00118113	0.0175	-0.0012108	0	0
14	LINE BUS3 BU...							-0.0178589	0.00118628	0.0175	-0.0012108	0	0
15	LINE BUS3 BU...							-0.0177848	0.00119134	0.0175	-0.0012108	0	0
16	LINE BUS3 BU...							-0.0177848	0.00119134	0.0175	-0.0012108	0	0
17	LINE BUS3 BU...							-0.0177118	0.00119632	0.0175	-0.0012108	0	0
18	LINE BUS3 BU...							-0.0177118	0.00119632	0.0175	-0.0012108	0	0
19	BUS4	1	1	0.937152	** Low **	0.224916	-33.2846						
20	LINE BUS3 BU...							-0.018011	0.00117589	0.0175	-0.0012108	0	0
21	LOAD BUS4 0							-0.02	-1.76746E-010	0	0	0	0
22	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
23	BUS5	1	1	0.941124	** Low **	0.22587	-33.252						
24	LINE BUS3 BU...							-0.0179343	0.00118113	0.0175	-0.0012108	0	0
25	LOAD BUS5 0							-0.02	6.59328E-010	0	0	0	0
26	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
27	BUS6	1	1	0.941124	** Low **	0.22587	-33.252						
28	LINE BUS3 BU...							-0.0179343	0.00118113	0.0175	-0.0012108	0	0
29	LOAD BUS6 0							-0.02	6.59328E-010	0	0	0	0
30	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
31	BUS7	1	1	0.945061	** Low **	0.226815	-33.2197						
32	LINE BUS3 BU...							-0.0178589	0.00118628	0.0175	-0.0012108	0	0
33	LOAD BUS7 0							-0.02	3.7254E-010	0	0	0	0
34	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
35	BUS8	1	1	0.948965	** Low **	0.227752	-33.1876						
36	LINE BUS3 BU...							-0.0177848	0.00119134	0.0175	-0.0012108	0	0
37	LOAD BUS8 0							-0.02	1.6501E-010	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
39	BUS9	1	1	0.948965	** Low **	0.227752	-33.1876						
40	LINE BUS3 BU...							-0.0177848	0.00119134	0.0175	-0.0012108	0	0
41	LOAD BUS9 0							-0.02	1.6501E-010	0	0	0	0
42	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
43	BUS10	1	1	0.952837		0.228681	-33.1559						
44	LINE BUS3 BU...							-0.0177118	0.00119632	0.0175	-0.0012108	0	0
45	LOAD BUS10 ...							-0.02	-3.6728E-010	0	0	0	0
46	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0
47	BUS11	1	1	0.952837		0.228681	-33.1559						
48	LINE BUS3 BU...							-0.0177118	0.00119632	0.0175	-0.0012108	0	0
49	LOAD BUS11 ...							-0.02	-3.6728E-010	0	0	0	0
50	PROD GENERAT...							0.0025	0.0012108	0	0	0	0

Svakt nett

Svakt nett lav last og uten produksjon

	Name	Region	Area	U p.u.	Remark	U kv	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0211192	-0.00044191	0.0205802	0.000347412	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0211192	0.00044191	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.998392		0.239614	-0.256792						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0205802	-0.000347412	0.0204142	0.000190296	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0211192	-0.00044191	0.0205802	0.000347412	0	0
7	BUS3	1	1	0.990242		0.237658	-0.68986						
8	LINE BUS2 BU...							-0.0205802	-0.000347412	0.0204142	0.000190296	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.0003641	-1.57386E-005	0.00401108	3.02312E-006	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0163778	-0.000174557	0.0162619	7.28351E-005	0	0
11	BUS4	1	1	0.98402		0.236165	-0.870397						
12	LINE BUS3 BU...							-0.0003641	-1.57386E-005	0.00401108	3.02312E-006	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.00401108	-3.02312E-006	0.004	1.98363E-013	0	0
14	BUS5	1	1	0.981302		0.235513	-0.917739						
15	LINE BUS4 BU...							-0.00401108	-3.02312E-006	0.004	1.98363E-013	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.004	-1.98363E-013	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.983186		0.235965	-1.04393						
18	LINE BUS3 BU...							-0.0163778	-0.000174557	0.0162619	7.28351E-005	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.0040038	-1.03699E-006	0.004	3.68868E-012	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.00400831	-2.26834E-006	0.004	2.15111E-012	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.00824976	-6.95298E-005	0.00809867	2.52482E-005	0	0
22	BUS7	1	1	0.982253		0.235741	-1.0602						
23	LINE BUS6 BU...							-0.0040038	-1.03699E-006	0.004	3.68868E-012	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.004	-3.68868E-012	0	0	0	0
25	BUS8	1	1	0.981147		0.235475	-1.07947						
26	LINE BUS6 BU...							-0.00400831	-2.26834E-006	0.004	2.15111E-012	0	0
27	LOAD BUS8 0							-0.004	-2.15111E-012	0	0	0	0
28	BUS9	1	1	0.965149		0.231636	-1.35464						
29	LINE BUS6 BU...							-0.00824976	-6.95298E-005	0.00809867	2.52482E-005	0	0
30	LINE BUS9 BU...							-0.00403629	-8.04577E-006	0.004	3.15525E-012	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.00406238	-1.72024E-005	0.004	-4.74925E-012	0	0
32	BUS10	1	1	0.956469		0.229552	-1.469						
33	LINE BUS9 BU...							-0.00403629	-8.04577E-006	0.004	3.15525E-012	0	0
34	LOAD BUS10 ...							-0.004	-3.15525E-012	0	0	0	0
35	BUS11	1	1	0.95032		0.228077	-1.61799						
36	LINE BUS9 BU...							-0.00406238	-1.72024E-005	0.004	-4.74925E-012	0	0
37	LOAD BUS11 ...							-0.004	4.74925E-012	0	0	0	0

Svakt nett stor last og uten produksjon

	Name	Region	Area	U p.u.	Remark	U kv	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.126936	-0.0179419	0.125239	0.014406	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.126936	0.0179419	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.987221		0.236933	-1.51226						
5	LINE BUS2 BU...							-0.125239	-0.014406	0.118872	0.00837766	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.126936	-0.0179419	0.125239	0.014406	0	0
7	BUS3	1	1	0.933201	** Low **	0.223968	-4.04269						
8	LINE BUS2 BU...							-0.125239	-0.014406	0.118872	0.00837766	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.0211234	-0.000494985	0.0203418	0.000102005	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0977487	-0.00788268	0.0930685	0.00377608	0	0
11	BUS4	1	1	0.898435	** Low **	0.215624	-5.0978						
12	LINE BUS3 BU...							-0.0211234	-0.000494985	0.0203418	0.000102005	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.0203418	-0.000102005	0.02	-1.30521E-010	0	0
14	BUS5	1	1	0.883329	** Low **	0.211999	-5.38579						
15	LINE BUS4 BU...							-0.0203418	-0.000102005	0.02	-1.30521E-010	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.02	1.30521E-010	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.886373	** Low **	0.212729	-6.32979						
18	LINE BUS3 BU...							-0.0977487	-0.00788268	0.0930685	0.00377608	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.0201181	-3.5238E-005	0.02	8.6043E-011	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.0202613	-7.79859E-005	0.02	-1.03004E-010	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.0526891	-0.00366285	0.0450701	0.00138415	0	0
22	BUS7	1	1	0.88117	** Low **	0.211481	-6.43037						
23	LINE BUS6 BU...							-0.0201181	-3.5238E-005	0.02	8.6043E-011	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.02	-8.6043E-011	0	0	0	0
25	BUS8	1	1	0.874937	** Low **	0.209985	-6.55082						
26	LINE BUS6 BU...							-0.0202613	-7.79859E-005	0.02	-1.03004E-010	0	0
27	LOAD BUS8 0							-0.02	1.03004E-010	0	0	0	0
28	BUS9	1	1	0.756731	** Low **	0.181615	-8.54819						
29	LINE BUS6 BU...							-0.0526891	-0.00366285	0.0450701	0.00138415	0	0
30	LINE BUS9 BU...							-0.0217082	-0.000379175	0.02	-1.44455E-010	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.0233619	-0.00100497	0.02	5.90259E-011	0	0
32	BUS10	1	1	0.697077	** Low **	0.167298	-9.54888						
33	LINE BUS9 BU...							-0.0217082	-0.000379175	0.02	-1.44455E-010	0	0
34	LOAD BUS10 ...							-0.02	1.44455E-010	0	0	0	0
35	BUS11	1	1	0.647235	** Low **	0.155336	-11.0135						
36	LINE BUS9 BU...							-0.0233619	-0.00100497	0.02	5.90259E-011	0	0
37	LOAD BUS11 ...							-0.02	-5.90259E-011	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 5 (8kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0129898	-0.000280807	0.0124705	0.000245754	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0129898	0.000280807	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999013		0.239763	-0.156597						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0124705	-0.000245754	0.0124096	0.00018814	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0129898	-0.000280807	0.0124705	0.000245754	0	0
7	BUS3	1	1	0.994059		0.238574	-0.417046						
8	LINE BUS2 BU...							-0.0124705	-0.000245754	0.0124096	0.00018814	0	0
9	LINE BUS3 BU...							0.00396513	-1.50463E-005	-0.00398939	2.87137E-006	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0163747	-0.000173093	0.0162597	7.21892E-005	0	0
11	BUS4	1	1	1.00013		0.240032	-0.240542						
12	LINE BUS3 BU...							0.00396513	-1.50463E-005	-0.00398939	2.87137E-006	0	0
13	LINE BUS4 BU...							0.00398939	-2.87137E-006	-0.004	8.14349E-013	0	0
14	BUS5	1	1	1.00279		0.24067	-0.194971						
15	LINE BUS4 BU...							0.00398939	-2.87137E-006	-0.004	8.14349E-013	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.004	8.14349E-013	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...							0.008	-1.6287E-012	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	0.987031		0.236887	-0.768355						
19	LINE BUS3 BU...							-0.0163747	-0.000173093	0.0162597	7.21892E-005	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.00400377	-1.02734E-006	0.004	9.95475E-013	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.00400825	-2.24722E-006	0.004	-2.35066E-012	0	0
22	LINE BUS6 BU...							-0.00824769	-6.89146E-005	0.00809785	2.50144E-005	0	0
23	BUS7	1	1	0.986101		0.236664	-0.784499						
24	LINE BUS6 BU...							-0.00400377	-1.02734E-006	0.004	9.95475E-013	0	0
25	LOAD BUS7 0							-0.004	-9.95475E-013	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.985		0.2364	-0.80362						
27	LINE BUS6 BU...							-0.00400825	-2.24722E-006	0.004	-2.35066E-012	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.004	2.35066E-012	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.969069		0.232577	-1.0766						
30	LINE BUS6 BU...							-0.00824769	-6.89146E-005	0.00809785	2.50144E-005	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.004036	-7.97946E-006	0.004	-3.71074E-012	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.00406186	-1.7035E-005	0.004	2.89024E-012	0	0
33	BUS10	1	1	0.960425		0.230502	-1.19002						
34	LINE BUS9 BU...							-0.004036	-7.97946E-006	0.004	-3.71074E-012	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.004	3.71074E-012	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.954302		0.229033	-1.33779						
37	LINE BUS9 BU...							-0.00406186	-1.7035E-005	0.004	2.89024E-012	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.004	-2.89024E-012	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 5 (8kW cos $\phi = 0,9$)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0130267	0.0035726	0.0125059	-0.0036106	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0130267	-0.0035726	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999844		0.239963	-0.173043						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0125059	0.0036106	0.0124397	-0.00367324	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0130267	0.0035726	0.0125059	-0.0036106	0	0
7	BUS3	1	1	0.996313		0.239115	-0.520049						
8	LINE BUS2 BU...							-0.0125059	0.0036106	0.0124397	-0.00367324	0	0
9	LINE BUS3 BU...							0.0039332	0.00384548	-0.00397968	-0.00386883	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0163729	-0.000172237	0.0162584	7.18113E-005	0	0
11	BUS4	1	1	1.0053		0.241271	-0.682963						
12	LINE BUS3 BU...							0.0039332	0.00384548	-0.00397968	-0.00386883	0	0
13	LINE BUS4 BU...							0.00397968	0.00386883	-0.004	-0.0038746	0	0
14	BUS5	1	1	1.0087		0.242089	-0.783841						
15	LINE BUS4 BU...							0.00397968	0.00386883	-0.004	-0.0038746	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.004	3.2341E-012	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...							0.008	0.0038746	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	0.989302		0.237433	-0.869741						
19	LINE BUS3 BU...							-0.0163729	-0.000172237	0.0162584	7.18113E-005	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.00400375	-1.02169E-006	0.004	-7.00976E-013	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.00400821	-2.23484E-006	0.004	1.05014E-012	0	0
22	LINE BUS6 BU...							-0.00824648	-6.85547E-005	0.00809738	2.48776E-005	0	0
23	BUS7	1	1	0.988375		0.23721	-0.888811						
24	LINE BUS6 BU...							-0.00400375	-1.02169E-006	0.004	-7.00976E-013	0	0
25	LOAD BUS7 0							-0.004	7.00976E-013	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.987277		0.236946	-0.904843						
27	LINE BUS6 BU...							-0.00400821	-2.23484E-006	0.004	1.05014E-012	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.004	-1.05014E-012	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.971385		0.233132	-1.17654						
30	LINE BUS6 BU...							-0.00824648	-6.85547E-005	0.00809738	2.48776E-005	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.00403582	-7.94067E-006	0.004	2.4329E-012	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.00406155	-1.69369E-005	0.004	6.51151E-012	0	0
33	BUS10	1	1	0.962761		0.231063	-1.28942						
34	LINE BUS9 BU...							-0.00403582	-7.94067E-006	0.004	2.4329E-012	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.004	-2.4329E-012	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.956654		0.229597	-1.43647						
37	LINE BUS9 BU...							-0.00406155	-1.69369E-005	0.004	6.51151E-012	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.004	-6.51151E-012	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 7 (8kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U/kV	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0129025	-0.000204398	0.0123833	0.000169832	0	0
3	PROD STIVNET...							0.0129025	0.000204398	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999036		0.239769	-0.155832						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0123833	-0.000169832	0.0123233	0.000113034	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0129025	-0.000204398	0.0123833	0.000169832	0	0
7	BUS3	1	1	0.994144		0.238594	-0.416104						
8	LINE BUS2 BU...							-0.0123833	-0.000169832	0.0123233	0.000113034	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.00403612	-1.56081E-005	0.00401099	2.99436E-006	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.00828718	-9.74263E-005	0.00825772	7.15957E-005	0	0
11	BUS4	1	1	0.987946		0.237107	-0.595217						
12	LINE BUS3 BU...							-0.00403612	-1.56081E-005	0.00401099	2.99436E-006	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.00401099	-2.99436E-006	0.004	-2.19553E-013	0	0
14	BUS5	1	1	0.985239		0.236457	-0.642183						
15	LINE BUS4 BU...							-0.00401099	-2.99436E-006	0.004	-2.19553E-013	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.004	2.19553E-013	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.990579		0.237739	-0.593005						
18	LINE BUS3 BU...							-0.00828718	-9.74263E-005	0.00825772	7.15957E-005	0	0
19	LINE BUS6 BU...							0.00399627	-1.01417E-006	-0.004	3.75069E-013	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.00400819	-2.22792E-006	0.004	-6.36407E-013	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.00824581	-6.83536E-005	0.00809711	2.48011E-005	0	0
22	BUS7	1	1	0.991503		0.237961	-0.577008						
23	LINE BUS6 BU...							0.00399627	-1.01417E-006	-0.004	3.75069E-013	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.004	3.75069E-013	0	0	0	0
25	PROD GENERAT...							0.008	-7.50138E-013	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.988556		0.237253	-0.628017						
27	LINE BUS6 BU...							-0.00400819	-2.22792E-006	0.004	-6.36407E-013	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.004	6.36407E-013	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.972686		0.233445	-0.899001						
30	LINE BUS6 BU...							-0.00824581	-6.83536E-005	0.00809711	2.48011E-005	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.00403572	-7.919E-006	0.004	-3.57135E-012	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.00406138	-1.68821E-005	0.004	-3.36698E-012	0	0
33	BUS10	1	1	0.964074		0.231378	-1.01158						
34	LINE BUS9 BU...							-0.00403572	-7.919E-006	0.004	-3.57135E-012	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.004	3.57135E-012	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.957976		0.229914	-1.15823						
37	LINE BUS9 BU...							-0.00406138	-1.68821E-005	0.004	-3.36698E-012	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.004	3.36698E-012	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 7 (8kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U/kV	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0129165	0.00365659	0.0123959	-0.00369411	0	0
3	PROD STIVNET...							0.0129165	-0.00365659	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.99987		0.239969	-0.172026						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0123959	0.00369411	0.0123305	-0.00375596	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0129165	0.00365659	0.0123959	-0.00369411	0	0
7	BUS3	1	1	0.996413		0.239139	-0.518525						
8	LINE BUS2 BU...							-0.0123959	0.00369411	0.0123305	-0.00375596	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.00403595	-1.55328E-005	0.00401094	2.97776E-006	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.00829459	0.00377149	0.00825915	-0.00380258	0	0
11	BUS4	1	1	0.99023		0.237655	-0.696817						
12	LINE BUS3 BU...							-0.00403595	-1.55328E-005	0.00401094	2.97776E-006	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.00401094	-2.97776E-006	0.004	-3.88184E-012	0	0
14	BUS5	1	1	0.98753		0.237007	-0.743566						
15	LINE BUS4 BU...							-0.00401094	-2.97776E-006	0.004	-3.88184E-012	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.004	3.88184E-012	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.994304		0.238633	-0.78935						
18	LINE BUS3 BU...							-0.00829459	0.00377149	0.00825915	-0.00380258	0	0
19	LINE BUS6 BU...							0.00399283	0.00387256	-0.004	-0.0038746	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.00400813	-2.20786E-006	0.004	3.44186E-012	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.00824385	-6.77713E-005	0.00809633	2.45797E-005	0	0
22	BUS7	1	1	0.995491		0.238918	-0.824874						
23	LINE BUS6 BU...							0.00399283	0.00387256	-0.004	-0.0038746	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.004	9.06182E-013	0	0	0	0
25	PROD GENERAT...							0.008	0.0038746	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.992288		0.238149	-0.8241						
27	LINE BUS6 BU...							-0.00400813	-2.20786E-006	0.004	3.44186E-012	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.004	-3.44186E-012	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.976482		0.234356	-1.09301						
30	LINE BUS6 BU...							-0.00824385	-6.77713E-005	0.00809633	2.45797E-005	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.00403544	-7.85628E-006	0.004	1.10812E-012	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.00406089	-1.67234E-005	0.004	-5.48548E-012	0	0
33	BUS10	1	1	0.967905		0.232297	-1.20471						
34	LINE BUS9 BU...							-0.00403544	-7.85628E-006	0.004	1.10812E-012	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.004	-1.10812E-012	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.961831		0.230839	-1.3502						
37	LINE BUS9 BU...							-0.00406089	-1.67234E-005	0.004	-5.48548E-012	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.004	5.48548E-012	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 11 (8kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Dec.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.012744	-0.000154557	0.0122251	0.000120855	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.012744	0.000154557	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999058		0.239774	-0.154074						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0122251	-0.000120855	0.0121666	6.5507E-005	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.012744	-0.000154557	0.0122251	0.000120855	0	0
7	BUS3	1	1	0.994246		0.238619	-0.412044						
8	LINE BUS2 BU...							-0.0122251	-0.000120855	0.0121666	6.5507E-005	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.00403611	-1.56047E-005	0.00401099	2.99361E-006	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.00813053	-4.99024E-005	0.00810219	2.50472E-005	0	0
11	BUS4	1	1	0.988049		0.237132	-0.591119						
12	LINE BUS3 BU...							-0.00403611	-1.56047E-005	0.00401099	2.99361E-006	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.00401099	-2.99361E-006	0.004	2.28034E-012	0	0
14	BUS5	1	1	0.985343		0.236482	-0.638075						
15	LINE BUS4 BU...							-0.00401099	-2.99361E-006	0.004	2.28034E-012	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.004	-2.28034E-012	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.990766		0.237784	-0.586676						
18	LINE BUS3 BU...							-0.00813053	-4.99024E-005	0.00810219	2.50472E-005	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.00400374	-1.01807E-006	0.004	-8.0355E-013	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.00400818	-2.22691E-006	0.004	-1.11347E-012	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-9.02646E-005	-2.18022E-005	9.02457E-005	2.27478E-005	0	0
22	BUS7	1	1	0.98984		0.237562	-0.602699						
23	LINE BUS6 BU...							-0.00400374	-1.01807E-006	0.004	-8.0355E-013	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.004	8.0355E-013	0	0	0	0
25	BUS8	1	1	0.988743		0.237298	-0.621675						
26	LINE BUS6 BU...							-0.00400818	-2.22691E-006	0.004	-1.11347E-012	0	0
27	LOAD BUS8 0							-0.004	1.11347E-012	0	0	0	0
28	BUS9	1	1	0.990556		0.237733	-0.587268						
29	LINE BUS6 BU...							-9.02646E-005	-2.18022E-005	9.02457E-005	2.27478E-005	0	0
30	LINE BUS9 BU...							-0.00403442	-7.63016E-006	0.004	4.84256E-012	0	0
31	LINE BUS9 BU...							0.00394418	-1.51176E-005	-0.004	1.74037E-012	0	0
32	BUS10	1	1	0.982102		0.235705	-0.695785						
33	LINE BUS9 BU...							-0.00403442	-7.63016E-006	0.004	4.84256E-012	0	0
34	LOAD BUS10 ...							-0.004	-4.84256E-012	0	0	0	0
35	BUS11	1	1	1.00457		0.241096	-0.344835						
36	LINE BUS9 BU...							0.00394418	-1.51176E-005	-0.004	1.74037E-012	0	0
37	LOAD BUS11 ...							-0.004	1.74037E-012	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.008	-3.48074E-012	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og liten produksjon på bus 11 (8kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Dec.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0128399	0.00368056	0.0123194	-0.0037177	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0128399	-0.00368056	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999881		0.239971	-0.171177						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0123194	0.0037177	0.0122548	-0.00377892	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0128399	0.00368056	0.0123194	-0.0037177	0	0
7	BUS3	1	1	0.996462		0.239151	-0.51656						
8	LINE BUS2 BU...							-0.0123194	0.0037177	0.0122548	-0.00377892	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.00403595	-1.55312E-005	0.00401094	2.9774E-006	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.00821882	0.00379445	0.00818384	-0.00382513	0	0
11	BUS4	1	1	0.99028		0.237667	-0.694834						
12	LINE BUS3 BU...							-0.00403595	-1.55312E-005	0.00401094	2.9774E-006	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.00401094	-2.9774E-006	0.004	8.69825E-014	0	0
14	BUS5	1	1	0.987579		0.237019	-0.741578						
15	LINE BUS4 BU...							-0.00401094	-2.9774E-006	0.004	8.69825E-014	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.004	-8.69825E-014	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.994394		0.238655	-0.78628						
18	LINE BUS3 BU...							-0.00821882	0.00379445	0.00818384	-0.00382513	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.00400372	-1.00915E-006	0.004	6.52656E-013	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.00400812	-2.20738E-006	0.004	6.13268E-012	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.000172002	0.00382835	0.00014014	-0.00383692	0	0
22	BUS7	1	1	0.993471		0.238433	-0.802185						
23	LINE BUS6 BU...							-0.00400372	-1.00915E-006	0.004	6.52656E-013	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.004	-6.52656E-013	0	0	0	0
25	BUS8	1	1	0.992378		0.238171	-0.821023						
26	LINE BUS6 BU...							-0.00400812	-2.20738E-006	0.004	6.13268E-012	0	0
27	LOAD BUS8 0							-0.004	-6.13268E-012	0	0	0	0
28	BUS9	1	1	0.996529		0.239167	-1.2676						
29	LINE BUS6 BU...							-0.000172002	0.00382835	0.00014014	-0.00383692	0	0
30	LINE BUS9 BU...							-0.00403401	-7.53714E-006	0.004	-7.32603E-012	0	0
31	LINE BUS9 BU...							0.00389387	0.00384446	-0.004	-0.0038746	0	0
32	BUS10	1	1	0.988127		0.23715	-1.37481						
33	LINE BUS9 BU...							-0.00403401	-7.53714E-006	0.004	-7.32603E-012	0	0
34	LOAD BUS10 ...							-0.004	7.32603E-012	0	0	0	0
35	BUS11	1	1	1.01439		0.243454	-1.80217						
36	LINE BUS9 BU...							0.00389387	0.00384446	-0.004	-0.0038746	0	0
37	LOAD BUS11 ...							-0.004	-9.99662E-012	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.008	0.0038746	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 5 (20kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U/kV	Fl(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.00140447	-0.000403117	0.000896452	0.000402796	0	0
3	PROD STIVNET...							0.00140447	0.000403117	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999829		0.239959	-0.0125542						
5	LINE BUS2 BU...							-0.000896452	-0.000402796	0.000896074	0.000402452	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.00140447	-0.000403117	0.000896452	0.000402796	0	0
7	BUS3	1	1	0.99933		0.239839	-0.0225392						
8	LINE BUS2 BU...							-0.000896452	-0.000402796	0.000896074	0.000402452	0	0
9	LINE BUS3 BU...							0.0154744	-0.000231351	-0.0158401	4.75152E-005	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0163705	-0.0001711	0.0162568	7.13098E-005	0	0
11	BUS4	1	1	1.02284		0.24548	0.662218						
12	LINE BUS3 BU...							0.0154744	-0.000231351	-0.0158401	4.75152E-005	0	0
13	LINE BUS4 BU...							0.0158401	-4.75152E-005	-0.016	-1.58092E-011	0	0
14	BUS5	1	1	1.03315		0.247957	0.835231						
15	LINE BUS4 BU...							0.0158401	-4.75152E-005	-0.016	-1.58092E-011	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.004	-3.55902E-012	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...							0.02	7.62383E-012	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	0.992342		0.238162	-0.370083						
19	LINE BUS3 BU...							-0.0163705	-0.0001711	0.0162568	7.13098E-005	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.00400373	-1.01419E-006	0.004	1.23709E-012	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.00400816	-2.2184E-006	0.004	-1.93683E-012	0	0
22	LINE BUS6 BU...							-0.00824488	-6.80772E-005	0.00809674	2.4696E-005	0	0
23	BUS7	1	1	0.991417		0.23794	-0.386055						
24	LINE BUS6 BU...							-0.00400373	-1.01419E-006	0.004	1.23709E-012	0	0
25	LOAD BUS7 0							-0.004	-1.23709E-012	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.990322		0.237677	-0.404971						
27	LINE BUS6 BU...							-0.00400816	-2.2184E-006	0.004	-1.93683E-012	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.004	1.93683E-012	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.974483		0.233876	-0.674972						
30	LINE BUS6 BU...							-0.00824488	-6.80772E-005	0.00809674	2.4696E-005	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.00403559	-7.88923E-006	0.004	-5.43757E-012	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.00406115	-1.68068E-005	0.004	9.78991E-012	0	0
33	BUS10	1	1	0.965887		0.231813	-0.787131						
34	LINE BUS9 BU...							-0.00403559	-7.88923E-006	0.004	-5.43757E-012	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.004	5.43757E-012	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.9598		0.230352	-0.93323						
37	LINE BUS9 BU...							-0.00406115	-1.68068E-005	0.004	9.78991E-012	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.004	-9.78991E-012	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 5 (20kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U/kV	Fl(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.00161363	0.00915957	0.00109942	-0.00917809	0	0
3	PROD STIVNET...							0.00161363	-0.00915957	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	1.00188		0.240451	-0.055034						
5	LINE BUS2 BU...							-0.00109842	0.00917809	0.00106518	-0.00920955	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.00161363	0.00915957	0.00109942	-0.00917809	0	0
7	BUS3	1	1	1.00485		0.241163	-0.282106						
8	LINE BUS2 BU...							-0.00109842	0.00917809	0.00106518	-0.00920955	0	0
9	LINE BUS3 BU...							0.015301	0.0093786	-0.0157873	-0.00962311	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0163662	-0.00016905	0.0162537	7.04051E-005	0	0
11	BUS4	1	1	1.03522		0.248453	-0.423629						
12	LINE BUS3 BU...							0.015301	0.0093786	-0.0157873	-0.00962311	0	0
13	LINE BUS4 BU...							0.0157873	0.00962311	-0.016	-0.0096864	0	0
14	BUS5	1	1	1.04725		0.251339	-0.596268						
15	LINE BUS4 BU...							0.0157873	0.00962311	-0.016	-0.0096864	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.004	-2.11083E-012	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...							0.02	0.0096864	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	0.997899		0.239496	-0.625775						
19	LINE BUS3 BU...							-0.0163662	-0.00016905	0.0162537	7.04051E-005	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.00400369	-1.00062E-006	0.004	-1.81552E-012	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.00400807	-2.18869E-006	0.004	-1.12215E-012	0	0
22	LINE BUS6 BU...							-0.00824199	-6.72158E-005	0.0080956	2.43684E-005	0	0
23	BUS7	1	1	0.996979		0.239275	-0.641569						
24	LINE BUS6 BU...							-0.00400369	-1.00062E-006	0.004	-1.81552E-012	0	0
25	LOAD BUS7 0							-0.004	1.81552E-012	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.99589		0.239014	-0.660274						
27	LINE BUS6 BU...							-0.00400807	-2.18869E-006	0.004	-1.12215E-012	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.004	1.12215E-012	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.980146		0.235235	-0.927213						
30	LINE BUS6 BU...							-0.00824199	-6.72158E-005	0.0080956	2.43684E-005	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.00403517	-7.79647E-006	0.004	2.43389E-012	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.00406043	-1.65719E-005	0.004	4.27975E-012	0	0
33	BUS10	1	1	0.9716		0.233184	-1.03807						
34	LINE BUS9 BU...							-0.00403517	-7.79647E-006	0.004	2.43389E-012	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.004	-2.43389E-012	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.965551		0.231732	-1.18245						
37	LINE BUS9 BU...							-0.00406043	-1.65719E-005	0.004	4.27975E-012	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.004	-4.27975E-012	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 7 (20kW)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.000855878	-0.000106732	0.000347885	0.000106652	0	0
3	PROD STIVTNET...						0.000855878	0.000106732	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999933		0.239984	-0.00700283					
5	LINE BUS2 BU...						-0.000347885	-0.000106652	0.000347834	0.000106615	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.000855878	-0.000106732	0.000347885	0.000106652	0	0
7	BUS3	1	1	0.999758		0.239942	-0.0119869					
8	LINE BUS2 BU...						-0.000347885	-0.000106652	0.000347834	0.000106615	0	0
9	LINE BUS3 BU...						-0.00403571	-1.54229E-005	0.00401086	2.9535E-006	0	0
10	LINE BUS3 BU...						0.00368787	-9.11923E-005	-0.00369365	8.61435E-005	0	0
11	BUS4	1	1	0.993596		0.238463	-0.189079					
12	LINE BUS3 BU...						-0.00403571	-1.54229E-005	0.00401086	2.9535E-006	0	0
13	LINE BUS4 BU...						-0.00401086	-2.9535E-006	0.004	-3.73995E-013	0	0
14	BUS5	1	1	0.990905		0.237817	-0.235511					
15	LINE BUS4 BU...						-0.00401086	-2.9535E-006	0.004	-3.73995E-013	0	0
16	LOAD BUS5 0						-0.004	3.73995E-013	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	1.00129		0.240309	0.0687204					
18	LINE BUS3 BU...						0.00368787	-9.11923E-005	-0.00369365	8.61435E-005	0	0
19	LINE BUS6 BU...						0.0159419	-1.7275E-005	-0.016	-1.12573E-013	0	0
20	LINE BUS6 BU...						-0.00400801	-2.17079E-006	0.004	2.47566E-013	0	0
21	LINE BUS6 BU...						-0.00824025	-6.66977E-005	0.00809491	2.41713E-005	0	0
22	BUS7	1	1	1.00494		0.241185	0.131181					
23	LINE BUS6 BU...						0.0159419	-1.7275E-005	-0.016	-1.12573E-013	0	0
24	LOAD BUS7 0						-0.004	-1.51135E-013	0	0	0	0
25	PROD GENERAT...						0.02	2.40585E-012	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.999287		0.239829	0.0344548					
27	LINE BUS6 BU...						-0.00400801	-2.17079E-006	0.004	2.47566E-013	0	0
28	LOAD BUS8 0						-0.004	-2.47566E-013	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.983599		0.236064	-0.230642					
30	LINE BUS6 BU...						-0.00824025	-6.66977E-005	0.00809491	2.41713E-005	0	0
31	LINE BUS9 BU...						-0.00403492	-7.74069E-006	0.004	1.04212E-012	0	0
32	LINE BUS9 BU...						-0.00405999	-1.64306E-005	0.004	-3.21153E-012	0	0
33	BUS10	1	1	0.975085		0.23402	-0.340713					
34	LINE BUS9 BU...						-0.00403492	-7.74069E-006	0.004	1.04212E-012	0	0
35	LOAD BUS10 ...						-0.004	-1.04212E-012	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.969057		0.232574	-0.484065					
37	LINE BUS9 BU...						-0.00405999	-1.64306E-005	0.004	-3.21153E-012	0	0
38	LOAD BUS11 ...						-0.004	3.21153E-012	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 7 (20kW cos φ= 0,9)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.000951407	0.00948916	0.000435781	-0.00950871	0	0
3	PROD STIVTNET...						0.000951407	-0.00948916	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	1.002		0.24048	-0.0482239					
5	LINE BUS2 BU...						-0.000435781	0.00950871	0.000400544	-0.00954206	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.000951407	0.00948916	0.000435781	-0.00950871	0	0
7	BUS3	1	1	1.00534		0.241283	-0.268565					
8	LINE BUS2 BU...						-0.000435781	0.00950871	0.000400544	-0.00954206	0	0
9	LINE BUS3 BU...						-0.00403531	-1.52417E-005	0.00401074	2.91346E-006	0	0
10	LINE BUS3 BU...						0.00363476	0.00955731	-0.0036786	-0.00959576	0	0
11	BUS4	1	1	0.999218		0.239812	-0.443681					
12	LINE BUS3 BU...						-0.00403531	-1.52417E-005	0.00401074	2.91346E-006	0	0
13	LINE BUS4 BU...						-0.00401074	-2.91346E-006	0.004	7.40859E-013	0	0
14	BUS5	1	1	0.996542		0.23917	-0.48959					
15	LINE BUS4 BU...						-0.00401074	-2.91346E-006	0.004	7.40859E-013	0	0
16	LOAD BUS5 0						-0.004	-7.40859E-013	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	1.01042		0.2425	-0.420793					
18	LINE BUS3 BU...						0.00363476	0.00955731	-0.0036786	-0.00959576	0	0
19	LINE BUS6 BU...						0.0159221	0.00966321	-0.016	-0.0096864	0	0
20	LINE BUS6 BU...						-0.00400787	-2.12336E-006	0.004	-3.9498E-013	0	0
21	LINE BUS6 BU...						-0.00823566	-6.53292E-005	0.0080931	2.36503E-005	0	0
22	BUS7	1	1	1.01468		0.243524	-0.483544					
23	LINE BUS6 BU...						0.0159221	0.00966321	-0.016	-0.0096864	0	0
24	LOAD BUS7 0						-0.004	-1.4129E-012	0	0	0	0
25	PROD GENERAT...						0.02	0.0096864	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	1.00843		0.242024	-0.454441					
27	LINE BUS6 BU...						-0.00400787	-2.12336E-006	0.004	-3.9498E-013	0	0
28	LOAD BUS8 0						-0.004	3.9498E-013	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.992897		0.238295	-0.714671					
30	LINE BUS6 BU...						-0.00823566	-6.53292E-005	0.0080931	2.36503E-005	0	0
31	LINE BUS9 BU...						-0.00403426	-7.59349E-006	0.004	3.48534E-012	0	0
32	LINE BUS9 BU...						-0.00405884	-1.60568E-005	0.004	1.25626E-012	0	0
33	BUS10	1	1	0.984464		0.236271	-0.822672					
34	LINE BUS9 BU...						-0.00403426	-7.59349E-006	0.004	3.48534E-012	0	0
35	LOAD BUS10 ...						-0.004	-3.48534E-012	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.978496		0.234839	-0.963302					
37	LINE BUS9 BU...						-0.00405884	-1.60568E-005	0.004	1.25626E-012	0	0
38	LOAD BUS11 ...						-0.004	-1.25626E-012	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 11 (20kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kW	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.00162702	-0.000336794	0.00111897	0.000336362	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.00162702	0.000336794	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999827		0.239958	-0.0155864						
5	LINE BUS2 BU...							-0.00111897	-0.000336362	0.00111843	0.00033587	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.00162702	-0.000336794	0.00111897	0.000336362	0	0
7	BUS3	1	1	0.999266		0.239824	-0.0317772						
8	LINE BUS2 BU...							-0.00111897	-0.000336362	0.00111843	0.00033587	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.00403574	-1.5439E-005	0.00401087	2.95706E-006	0	0
10	LINE BUS3 BU...							0.00291731	-0.000320431	-0.00292097	0.000317238	0	0
11	BUS4	1	1	0.993101		0.238344	-0.209045						
12	LINE BUS3 BU...							-0.00403574	-1.5439E-005	0.00401087	2.95706E-006	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.00401087	-2.95706E-006	0.004	-1.21699E-013	0	0
14	BUS5	1	1	0.990408		0.237698	-0.255524						
15	LINE BUS4 BU...							-0.00401087	-2.95706E-006	0.004	-1.21699E-013	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.004	1.21699E-013	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	1.00038		0.240092	0.0381873						
18	LINE BUS3 BU...							0.00291731	-0.000320431	-0.00292097	0.000317238	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.00400367	-9.94623E-007	0.004	-3.83674E-014	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.00400803	-2.17555E-006	0.004	-8.76989E-016	0	0
21	LINE BUS6 BU...							0.0109327	-0.000314067	-0.0111892	0.000238326	0	0
22	BUS7	1	1	0.999467		0.239872	0.0224717						
23	LINE BUS6 BU...							-0.00400367	-9.94623E-007	0.004	-3.83674E-014	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.004	3.83674E-014	0	0	0	0
25	BUS8	1	1	0.998381		0.239611	0.00385971						
26	LINE BUS6 BU...							-0.00400803	-2.17555E-006	0.004	-8.76989E-016	0	0
27	LOAD BUS8 0							-0.004	8.76989E-016	0	0	0	0
28	BUS9	1	1	1.02366		0.245679	0.468632						
29	LINE BUS6 BU...							0.0109327	-0.000314067	-0.0111892	0.000238326	0	0
30	LINE BUS9 BU...							-0.0040322	-7.13527E-006	0.004	4.8892E-013	0	0
31	LINE BUS9 BU...							0.0152214	-0.000231191	-0.016	-9.57156E-012	0	0
32	BUS10	1	1	1.01549		0.243717	0.367077						
33	LINE BUS9 BU...							-0.0040322	-7.13527E-006	0.004	4.8892E-013	0	0
34	LOAD BUS10 ...							-0.004	-4.8892E-013	0	0	0	0
35	BUS11	1	1	1.0759	** High **	0.258217	1.34524						
36	LINE BUS9 BU...							0.0152214	-0.000231191	-0.016	-9.57156E-012	0	0
37	LOAD BUS11 ...							-0.004	6.46294E-013	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.02	-9.41707E-012	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon på bus 11 (20kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kW	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.00210143	0.00915006	0.00158613	-0.00916888	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.00210143	-0.00915006	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	1.00184		0.240442	-0.0610222						
5	LINE BUS2 BU...							-0.00158613	0.00916888	0.00155245	-0.00920076	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.00210143	0.00915006	0.00158613	-0.00916888	0	0
7	BUS3	1	1	1.00462		0.241108	-0.298214						
8	LINE BUS2 BU...							-0.00158613	0.00916888	0.00155245	-0.00920076	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.00403536	-1.52651E-005	0.00401076	2.91865E-006	0	0
10	LINE BUS3 BU...							0.00248291	0.00921602	-0.00252116	-0.00924958	0	0
11	BUS4	1	1	0.998485		0.239636	-0.473585						
12	LINE BUS3 BU...							-0.00403536	-1.52651E-005	0.00401076	2.91865E-006	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.00401076	-2.91865E-006	0.004	-3.46765E-012	0	0
14	BUS5	1	1	0.995806		0.238994	-0.519562						
15	LINE BUS4 BU...							-0.00401076	-2.91865E-006	0.004	-3.46765E-012	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.004	3.46765E-012	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	1.00908		0.242179	-0.466789						
18	LINE BUS3 BU...							0.00248291	0.00921602	-0.00252116	-0.00924958	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.00400361	-9.73935E-007	0.004	-3.57105E-013	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.00400789	-2.13024E-006	0.004	-2.73565E-012	0	0
21	LINE BUS6 BU...							0.0105327	0.00925268	-0.0109468	-0.00937558	0	0
22	BUS7	1	1	1.00817		0.241961	-0.482234						
23	LINE BUS6 BU...							-0.00400361	-9.73935E-007	0.004	-3.57105E-013	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.004	3.57105E-013	0	0	0	0
25	BUS8	1	1	1.00709		0.241702	-0.500526						
26	LINE BUS6 BU...							-0.00400789	-2.13024E-006	0.004	-2.73565E-012	0	0
27	LOAD BUS8 0							-0.004	2.73565E-012	0	0	0	0
28	BUS9	1	1	1.03744		0.248987	-1.18335						
29	LINE BUS6 BU...							0.0105327	0.00925268	-0.0109468	-0.00937558	0	0
30	LINE BUS9 BU...							-0.00403133	-6.94334E-006	0.004	4.17253E-012	0	0
31	LINE BUS9 BU...							0.0149782	0.00938252	-0.016	-0.0096864	0	0
32	BUS10	1	1	1.02938		0.247051	-1.2822						
33	LINE BUS9 BU...							-0.00403133	-6.94334E-006	0.004	4.17253E-012	0	0
34	LOAD BUS10 ...							-0.004	-4.17253E-012	0	0	0	0
35	BUS11	1	1	1.09793	** High **	0.263503	-2.05132						
36	LINE BUS9 BU...							0.0149782	0.00938252	-0.016	-0.0096864	0	0
37	LOAD BUS11 ...							-0.004	-6.2829E-012	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.02	0.0096864	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon hos alle sluttbrukerne (4kW)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.000507996	3.23673E-006	1.94268E-011	-3.25067E-006	0	0
3	PROD STIVTNET...						0.000507996	-3.23673E-006	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.999982		0.239996	-0.00315702					
5	LINE BUS2 BU...						-1.94266E-011	3.25067E-006	1.53163E-011	-3.23819E-006	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.000507996	3.23673E-006	1.94268E-011	-3.25067E-006	0	0
7	BUS3	1	1	0.999983		0.239996	-0.0032296					
8	LINE BUS2 BU...						-1.94266E-011	3.25067E-006	1.53163E-011	-3.23819E-006	0	0
9	LINE BUS3 BU...						-1.6402E-013	3.23914E-007	1.51115E-014	-3.011E-007	0	0
10	LINE BUS3 BU...						-1.51524E-011	2.91427E-006	1.15705E-011	-2.89991E-006	0	0
11	BUS4	1	1	0.999984		0.239996	-0.00325691					
12	LINE BUS3 BU...						-1.6402E-013	3.23914E-007	1.51115E-014	-3.011E-007	0	0
13	LINE BUS4 BU...						-1.506E-014	3.011E-007	-5.08721E-017	-1.4799E-017	0	0
14	BUS5	1	1	0.999984		0.239996	-0.00326266					
15	LINE BUS4 BU...						-1.506E-014	3.011E-007	-5.08721E-017	-1.4799E-017	0	0
16	LOAD BUS5 0						-0.004	2.27572E-015	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...						0.004	-2.27572E-015	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	0.999984		0.239996	-0.0033002					
19	LINE BUS3 BU...						-1.51524E-011	2.91427E-006	1.15705E-011	-2.89991E-006	0	0
20	LINE BUS6 BU...						-8.17956E-016	1.03503E-007	2.04093E-016	6.10035E-017	0	0
21	LINE BUS6 BU...						-6.49278E-015	2.25826E-007	1.17611E-016	3.52701E-017	0	0
22	LINE BUS6 BU...						-1.15635E-011	2.57058E-006	2.22594E-012	-1.60141E-006	0	0
23	BUS7	1	1	0.999984		0.239996	-0.00330088					
24	LINE BUS6 BU...						-8.17956E-016	1.03503E-007	2.04093E-016	6.10035E-017	0	0
25	LOAD BUS7 0						-0.004	-1.33994E-014	0	0	0	0
26	PROD GENERAT...						0.004	1.33994E-014	0	0	0	0
27	BUS8	1	1	0.999984		0.239996	-0.00330343					
28	LINE BUS6 BU...						-6.49278E-015	2.25826E-007	1.17611E-016	3.52701E-017	0	0
29	LOAD BUS8 0						-0.004	-6.54491E-015	0	0	0	0
30	PROD GENERAT...						0.004	6.54491E-015	0	0	0	0
31	BUS9	1	1	0.999986		0.239997	-0.00355667					
32	LINE BUS6 BU...						-1.15635E-011	2.57058E-006	2.22594E-012	-1.60141E-006	0	0
33	LINE BUS9 BU...						-5.79855E-017	1.12144E-008	-7.20914E-018	-1.80217E-018	0	0
34	LINE BUS9 BU...						-2.22589E-012	1.59019E-006	1.91744E-017	5.87795E-018	0	0
35	BUS10	1	1	0.999986		0.239997	-0.00355734					
36	LINE BUS9 BU...						-5.79855E-017	1.12144E-008	-7.20914E-018	-1.80217E-018	0	0
37	LOAD BUS10 ...						-0.004	7.43352E-016	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...						0.004	-7.43352E-016	0	0	0	0
39	BUS11	1	1	0.999987		0.239997	-0.00371707					
40	LINE BUS9 BU...						-2.22589E-012	1.59019E-006	1.91744E-017	5.87795E-018	0	0
41	LOAD BUS11 ...						-0.004	-4.13798E-015	0	0	0	0
42	PROD GENERAT...						0.004	4.13798E-015	0	0	0	0

Svakt nett, lav last (4kW) og stor produksjon hos alle sluttbrukerne (4kW cos φ= 0,9)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.000639451	0.00959463	0.00012368	-0.00961454	0	0
3	PROD STIVTNET...						0.000639451	-0.00959463	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	1.00204		0.240491	-0.0448091					
5	LINE BUS2 BU...						-0.00012368	0.00961454	8.7727E-005	-0.00964857	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.000639451	0.00959463	0.00012368	-0.00961454	0	0
7	BUS3	1	1	1.00555		0.241332	-0.260884					
8	LINE BUS2 BU...						-0.00012368	0.00961454	8.7727E-005	-0.00964857	0	0
9	LINE BUS3 BU...						-8.10629E-006	0.00193405	2.46585E-006	-0.00193687	0	0
10	LINE BUS3 BU...						-7.96207E-005	0.00771452	5.46727E-005	-0.00773639	0	0
11	BUS4	1	1	1.00702		0.241684	-0.428087					
12	LINE BUS3 BU...						-8.10629E-006	0.00193405	2.46585E-006	-0.00193687	0	0
13	LINE BUS4 BU...						-2.46585E-006	0.00193687	3.14124E-013	-0.0019373	0	0
14	BUS5	1	1	1.0074		0.241776	-0.501037					
15	LINE BUS4 BU...						-2.46585E-006	0.00193687	3.14124E-013	-0.0019373	0	0
16	LOAD BUS5 0						-0.004	-8.41034E-013	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...						0.004	0.0019373	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	1.00838		0.24201	-0.447308					
19	LINE BUS3 BU...						-7.96207E-005	0.00771452	5.46727E-005	-0.00773639	0	0
20	LINE BUS6 BU...						-8.45691E-007	0.00193715	-1.85955E-012	-0.0019373	0	0
21	LINE BUS6 BU...						-1.84469E-006	0.00193698	8.21732E-013	-0.0019373	0	0
22	LINE BUS6 BU...						-5.19823E-005	0.00386226	2.05046E-005	-0.00387069	0	0
23	BUS7	1	1	1.00851		0.242042	-0.472322					
24	LINE BUS6 BU...						-8.45691E-007	0.00193715	-1.85955E-012	-0.0019373	0	0
25	LOAD BUS7 0						-0.004	8.28276E-014	0	0	0	0
26	PROD GENERAT...						0.004	0.0019373	0	0	0	0
27	BUS8	1	1	1.00866		0.242079	-0.501877					
28	LINE BUS6 BU...						-1.84469E-006	0.00193698	8.21732E-013	-0.0019373	0	0
29	LOAD BUS8 0						-0.004	-1.98424E-013	0	0	0	0
30	PROD GENERAT...						0.004	0.0019373	0	0	0	0
31	BUS9	1	1	1.01076		0.242582	-0.915029					
32	LINE BUS6 BU...						-5.19823E-005	0.00386226	2.05046E-005	-0.00387069	0	0
33	LINE BUS9 BU...						-7.61025E-006	0.00193562	-4.84024E-013	-0.0019373	0	0
34	LINE BUS9 BU...						-1.28944E-005	0.00193507	2.8399E-012	-0.0019373	0	0
35	BUS10	1	1	1.01163		0.242792	-1.1403					
36	LINE BUS9 BU...						-7.61025E-006	0.00193562	-4.84024E-013	-0.0019373	0	0
37	LOAD BUS10 ...						-0.004	7.43229E-013	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...						0.004	0.0019373	0	0	0	0
39	BUS11	1	1	1.01275		0.24306	-1.29697					
40	LINE BUS9 BU...						-1.28944E-005	0.00193507	2.8399E-012	-0.0019373	0	0
41	LOAD BUS11 ...						-0.004	-2.90107E-012	0	0	0	0
42	PROD GENERAT...						0.004	0.0019373	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og liten produksjon på bus 5 (4kW)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.116545	-0.0159089	0.115037	0.0129331	0	0
3	PROD STIVNET...						0.116545	0.0159089	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.988365		0.237208	-1.38896					
5	LINE BUS2 BU...						-0.115037	-0.0129331	0.109681	0.00786167	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.116545	-0.0159089	0.115037	0.0129331	0	0
7	BUS3	1	1	0.938846	** Low **	0.225323	-3.70371					
8	LINE BUS2 BU...						-0.115037	-0.0129331	0.109681	0.00786167	0	0
9	LINE BUS3 BU...						-0.0123812	-0.000167771	0.012116	3.44409E-005	0	0
10	LINE BUS3 BU...						-0.0972996	-0.0076939	0.092719	0.00367473	0	0
11	BUS4	1	1	0.918655	** Low **	0.220477	-4.31727					
12	LINE BUS3 BU...						-0.0123812	-0.000167771	0.012116	3.44409E-005	0	0
13	LINE BUS4 BU...						-0.012116	-3.44409E-005	0.012	-6.48846E-011	0	0
14	BUS5	1	1	0.909858	** Low **	0.218366	-4.48134					
15	LINE BUS4 BU...						-0.012116	-3.44409E-005	0.012	-6.48846E-011	0	0
16	LOAD BUS5 0						-0.02	-8.4027E-012	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...						0.008	-9.21082E-012	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	0.892564	** Low **	0.214215	-5.95532					
19	LINE BUS3 BU...						-0.0972996	-0.0076939	0.092719	0.00367473	0	0
20	LINE BUS6 BU...						-0.0201164	-3.47428E-005	0.02	4.48592E-011	0	0
21	LINE BUS6 BU...						-0.0202576	-7.68745E-005	0.02	3.38889E-012	0	0
22	LINE BUS6 BU...						-0.052345	-0.00356312	0.0449306	0.00134564	0	0
23	BUS7	1	1	0.887398	** Low **	0.212975	-6.05451					
24	LINE BUS6 BU...						-0.0201164	-3.47428E-005	0.02	4.48592E-011	0	0
25	LOAD BUS7 0						-0.02	-4.48592E-011	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.88121	** Low **	0.21149	-6.17325					
27	LINE BUS6 BU...						-0.0202576	-7.68745E-005	0.02	3.38889E-012	0	0
28	LOAD BUS8 0						-0.02	-3.38889E-012	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.76471	** Low **	0.183531	-8.13475					
30	LINE BUS6 BU...						-0.052345	-0.00356312	0.0449306	0.00134564	0	0
31	LINE BUS9 BU...						-0.0216663	-0.000369864	0.02	-3.48169E-011	0	0
32	LINE BUS9 BU...						-0.0232644	-0.000975779	0.02	-3.40443E-011	0	0
33	BUS10	1	1	0.705796	** Low **	0.169391	-9.11276					
34	LINE BUS9 BU...						-0.0216663	-0.000369864	0.02	-3.48169E-011	0	0
35	LOAD BUS10 ...						-0.02	3.48169E-011	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.656831	** Low **	0.15764	-10.5386					
37	LINE BUS9 BU...						-0.0232644	-0.000975779	0.02	-3.40443E-011	0	0
38	LOAD BUS11 ...						-0.02	3.40443E-011	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og liten produksjon på bus 5 (4kW cos φ= 0,9)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kV	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.116303	-0.0118673	0.114807	0.00892786	0	0
3	PROD STIVNET...						0.116303	0.0118673	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.989261		0.237423	-1.40177					
5	LINE BUS2 BU...						-0.114807	-0.00892786	0.109517	0.00391863	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.116303	-0.0118673	0.114807	0.00892786	0	0
7	BUS3	1	1	0.941433	** Low **	0.225944	-3.79913					
8	LINE BUS2 BU...						-0.114807	-0.00892786	0.109517	0.00391863	0	0
9	LINE BUS3 BU...						-0.0124148	0.00369202	0.0121262	-0.0038371	0	0
10	LINE BUS3 BU...						-0.0971019	-0.00761065	0.0925655	0.00363021	0	0
11	BUS4	1	1	0.924474	** Low **	0.221874	-4.79631					
12	LINE BUS3 BU...						-0.0124148	0.00369202	0.0121262	-0.0038371	0	0
13	LINE BUS4 BU...						-0.0121262	0.0038371	0.012	-0.0038746	0	0
14	BUS5	1	1	0.916573	** Low **	0.219977	-5.13281					
15	LINE BUS4 BU...						-0.0121262	0.0038371	0.012	-0.0038746	0	0
16	LOAD BUS5 0						-0.02	-2.91302E-011	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...						0.008	0.0038746	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	0.895395	** Low **	0.214895	-6.03484					
19	LINE BUS3 BU...						-0.0971019	-0.00761065	0.0925655	0.00363021	0	0
20	LINE BUS6 BU...						-0.0201157	-3.45199E-005	0.02	-1.37247E-011	0	0
21	LINE BUS6 BU...						-0.0202559	-7.63742E-005	0.02	-6.73366E-011	0	0
22	LINE BUS6 BU...						-0.0521939	-0.00351931	0.0448694	0.00132875	0	0
23	BUS7	1	1	0.890245	** Low **	0.213659	-6.1334					
24	LINE BUS6 BU...						-0.0201157	-3.45199E-005	0.02	-1.37247E-011	0	0
25	LOAD BUS7 0						-0.02	1.37247E-011	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.884077	** Low **	0.212179	-6.25138					
27	LINE BUS6 BU...						-0.0202559	-7.63742E-005	0.02	-6.73366E-011	0	0
28	LOAD BUS8 0						-0.02	6.73366E-011	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.768334	** Low **	0.1844	-8.19687					
30	LINE BUS6 BU...						-0.0521939	-0.00351931	0.0448694	0.00132875	0	0
31	LINE BUS9 BU...						-0.0216478	-0.000365755	0.02	9.3767E-011	0	0
32	LINE BUS9 BU...						-0.0232216	-0.000962992	0.02	-4.50708E-011	0	0
33	BUS10	1	1	0.70975	** Low **	0.17034	-9.16485					
34	LINE BUS9 BU...						-0.0216478	-0.000365755	0.02	9.3767E-011	0	0
35	LOAD BUS10 ...						-0.02	-9.3767E-011	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.661171	** Low **	0.158681	-10.5737					
37	LINE BUS9 BU...						-0.0232216	-0.000962992	0.02	-4.50708E-011	0	0
38	LOAD BUS11 ...						-0.02	4.50708E-011	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og liten produksjon på bus 7 (4kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U/kV	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.116041	-0.0153243	0.114543	0.0123778	0	0
3	PROD STIVNET...							0.116041	0.0153243	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.988526		0.237246	-1.3849						
5	LINE BUS2 BU...							-0.114543	-0.0123778	0.109239	0.00735622	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.116041	-0.0153243	0.114543	0.0123778	0	0
7	BUS3	1	1	0.939419	** Low **	0.225461	-3.69997						
8	LINE BUS2 BU...							-0.114543	-0.0123778	0.109239	0.00735622	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.0211068	-0.000487672	0.0203367	0.000100492	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0881325	-0.00686855	0.0843796	0.00357565	0	0
11	BUS4	1	1	0.904914	** Low **	0.217179	-4.74048						
12	LINE BUS3 BU...							-0.0211068	-0.000487672	0.0203367	0.000100492	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.0203367	-0.000100492	0.02	1.19007E-011	0	0
14	BUS5	1	1	0.88992	** Low **	0.213581	-5.02429						
15	LINE BUS4 BU...							-0.0203367	-0.000100492	0.02	1.19007E-011	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.02	-1.19007E-011	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.897502	** Low **	0.215401	-5.72978						
18	LINE BUS3 BU...							-0.0881325	-0.00686855	0.0843796	0.00357565	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.0120412	-1.22575E-005	0.012	-6.75979E-012	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.0202547	-7.60051E-005	0.02	-4.78411E-011	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.0520837	-0.00348739	0.0448248	0.00131644	0	0
22	BUS7	1	1	0.894427	** Low **	0.214663	-5.7885						
23	LINE BUS6 BU...							-0.0120412	-1.22575E-005	0.012	-6.75979E-012	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.02	-1.93283E-011	0	0	0	0
25	PROD GENERAT...							0.008	-5.48448E-011	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.886212	** Low **	0.212691	-5.94529						
27	LINE BUS6 BU...							-0.0202547	-7.60051E-005	0.02	-4.78411E-011	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.02	4.78411E-011	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.771023	** Low **	0.185046	-7.87902						
30	LINE BUS6 BU...							-0.0520837	-0.00348739	0.0448248	0.00131644	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.0216342	-0.000362753	0.02	4.7999E-011	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.0231906	-0.000953687	0.02	-2.011E-010	0	0
33	BUS10	1	1	0.71268	** Low **	0.171043	-8.83965						
34	LINE BUS9 BU...							-0.0216342	-0.000362753	0.02	4.7999E-011	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.02	-4.7999E-011	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.664384	** Low **	0.159452	-10.2361						
37	LINE BUS9 BU...							-0.0231906	-0.000953687	0.02	-2.011E-010	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.02	2.011E-010	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og liten produksjon på bus 7 (4kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U/kV	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.115644	-0.0112047	0.114161	0.00830152	0	0
3	PROD STIVNET...							0.115644	0.0112047	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.98945		0.237468	-1.39606						
5	LINE BUS2 BU...							-0.114161	-0.00830152	0.108935	0.00335421	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.115644	-0.0112047	0.114161	0.00830152	0	0
7	BUS3	1	1	0.94212	** Low **	0.226109	-3.79154						
8	LINE BUS2 BU...							-0.114161	-0.00830152	0.108935	0.00335421	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.0210997	-0.000484549	0.0203346	9.98462E-005	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0878354	-0.00286966	0.0841476	-0.000366172	0	0
11	BUS4	1	1	0.907727	** Low **	0.217854	-4.82582						
12	LINE BUS3 BU...							-0.0210997	-0.000484549	0.0203346	9.98462E-005	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.0203346	-9.98462E-005	0.02	8.03471E-011	0	0
14	BUS5	1	1	0.892781	** Low **	0.214268	-5.10784						
15	LINE BUS4 BU...							-0.0203346	-9.98462E-005	0.02	8.03471E-011	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.02	-8.03471E-011	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.902092	** Low **	0.216502	-5.91211						
18	LINE BUS3 BU...							-0.0878354	-0.00286966	0.0841476	-0.000366172	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.0120451	0.0038612	0.012	-0.0038746	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.020252	-7.52101E-005	0.02	-7.31075E-012	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.0518506	-0.00341982	0.0447304	0.00129041	0	0
22	BUS7	1	1	0.899327	** Low **	0.215839	-6.03292						
23	LINE BUS6 BU...							-0.0120451	0.0038612	0.012	-0.0038746	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.02	7.88319E-011	0	0	0	0
25	PROD GENERAT...							0.008	0.0038746	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.89086	** Low **	0.213807	-6.12541						
27	LINE BUS6 BU...							-0.020252	-7.52101E-005	0.02	-7.31075E-012	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.02	7.31075E-012	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.776852	** Low **	0.186444	-8.03397						
30	LINE BUS6 BU...							-0.0518506	-0.00341982	0.0447304	0.00129041	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.0216055	-0.000356379	0.02	-1.34929E-010	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.0231249	-0.000934031	0.02	8.92325E-011	0	0
33	BUS10	1	1	0.719025	** Low **	0.172566	-8.97899						
34	LINE BUS9 BU...							-0.0216055	-0.000356379	0.02	-1.34929E-010	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.02	1.34929E-010	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.671327	** Low **	0.161118	-10.3491						
37	LINE BUS9 BU...							-0.0231249	-0.000934031	0.02	8.92325E-011	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.02	-8.92325E-011	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og liten produksjon på bus 11 (4kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U/kV	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.10875	-0.0120534	0.107377	0.00947938	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.10875	0.0120534	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.989733		0.237536	-1.30584						
5	LINE BUS2 BU...							-0.107377	-0.00947938	0.102746	0.00509412	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.10875	-0.0120534	0.107377	0.00947938	0	0
7	BUS3	1	1	0.94453	** Low **	0.226687	-3.5125						
8	LINE BUS2 BU...							-0.107377	-0.00947938	0.102746	0.00509412	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.0210935	-0.000481787	0.0203327	9.9275E-005	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0816523	-0.00461233	0.0784749	0.00182439	0	0
11	BUS4	1	1	0.910236	** Low **	0.218457	-4.54125						
12	LINE BUS3 BU...							-0.0210935	-0.000481787	0.0203327	9.9275E-005	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.0203327	-9.9275E-005	0.02	-1.00605E-010	0	0
14	BUS5	1	1	0.895334	** Low **	0.21488	-4.82169						
15	LINE BUS4 BU...							-0.0203327	-9.9275E-005	0.02	-1.00605E-010	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.02	1.00605E-010	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.906575	** Low **	0.217578	-5.41379						
18	LINE BUS3 BU...							-0.0816523	-0.00461233	0.0784749	0.00182439	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.0201128	-3.36598E-005	0.02	-5.87449E-011	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.0202495	-7.44457E-005	0.02	-6.45496E-011	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.0381126	-0.00171629	0.0343124	0.000580117	0	0
22	BUS7	1	1	0.90149	** Low **	0.216358	-5.50992						
23	LINE BUS6 BU...							-0.0201128	-3.36598E-005	0.02	-5.87449E-011	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.02	5.87449E-011	0	0	0	0
25	BUS8	1	1	0.895401	** Low **	0.214896	-5.62495						
26	LINE BUS6 BU...							-0.0202495	-7.44457E-005	0.02	-6.45496E-011	0	0
27	LOAD BUS8 0							-0.02	6.45496E-011	0	0	0	0
28	BUS9	1	1	0.815471	** Low **	0.195713	-7.02472						
29	LINE BUS6 BU...							-0.0381126	-0.00171629	0.0343124	0.000580117	0	0
30	LINE BUS9 BU...							-0.0214339	-0.000318288	0.02	1.5258E-011	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.0128785	-0.000261828	0.012	1.06565E-010	0	0
32	BUS10	1	1	0.760832	** Low **	0.1826	-7.87551						
33	LINE BUS9 BU...							-0.0214339	-0.000318288	0.02	1.5258E-011	0	0
34	LOAD BUS10 ...							-0.02	-1.5258E-011	0	0	0	0
35	BUS11	1	1	0.759687	** Low **	0.182325	-8.19397						
36	LINE BUS9 BU...							-0.0128785	-0.000261828	0.012	1.06565E-010	0	0
37	LOAD BUS11 ...							-0.02	-1.95487E-010	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.008	2.05351E-011	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og liten produksjon på bus 11 (4kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U/kV	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.108663	-0.00809319	0.107297	0.00554049	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.108663	0.00809319	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.990601		0.237744	-1.32034						
5	LINE BUS2 BU...							-0.107297	-0.00554049	0.102704	0.00119167	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.108663	-0.00809319	0.107297	0.00554049	0	0
7	BUS3	1	1	0.946997	** Low **	0.227279	-3.61151						
8	LINE BUS2 BU...							-0.107297	-0.00554049	0.102704	0.00119167	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.0210871	-0.000478987	0.0203307	9.86959E-005	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.081617	-0.000712684	0.0784687	-0.00204975	0	0
11	BUS4	1	1	0.912804	** Low **	0.219073	-4.63466						
12	LINE BUS3 BU...							-0.0210871	-0.000478987	0.0203307	9.86959E-005	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.0203307	-9.86959E-005	0.02	-5.08051E-011	0	0
14	BUS5	1	1	0.897944	** Low **	0.215507	-4.9135						
15	LINE BUS4 BU...							-0.0203307	-9.86959E-005	0.02	-5.08051E-011	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.02	5.08051E-011	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.910743	** Low **	0.218578	-5.60816						
18	LINE BUS3 BU...							-0.081617	-0.000712684	0.0784687	-0.00204975	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.0201118	-3.33476E-005	0.02	-6.08E-011	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.0202471	-7.37454E-005	0.02	-1.37199E-011	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.0381098	0.00215685	0.0343404	-0.00328378	0	0
22	BUS7	1	1	0.905681	** Low **	0.217363	-5.7034						
23	LINE BUS6 BU...							-0.0201118	-3.33476E-005	0.02	-6.08E-011	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.02	6.08E-011	0	0	0	0
25	BUS8	1	1	0.899621	** Low **	0.215909	-5.81737						
26	LINE BUS6 BU...							-0.0202471	-7.37454E-005	0.02	-1.37199E-011	0	0
27	LOAD BUS8 0							-0.02	-1.37199E-011	0	0	0	0
28	BUS9	1	1	0.823091	** Low **	0.197542	-7.83232						
29	LINE BUS6 BU...							-0.0381098	0.00215685	0.0343404	-0.00328378	0	0
30	LINE BUS9 BU...							-0.0214035	-0.000311532	0.02	1.54567E-010	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.0129369	0.00359531	0.012	-0.0038746	0	0
32	BUS10	1	1	0.769037	** Low **	0.184569	-8.66624						
33	LINE BUS9 BU...							-0.0214035	-0.000311532	0.02	1.54567E-010	0	0
34	LOAD BUS10 ...							-0.02	-1.54567E-010	0	0	0	0
35	BUS11	1	1	0.773012	** Low **	0.185523	-10.1998						
36	LINE BUS9 BU...							-0.0129369	0.00359531	0.012	-0.0038746	0	0
37	LOAD BUS11 ...							-0.02	-2.12534E-010	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.008	0.0038746	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og stor produksjon på bus 5 (20kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U/kV	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.102112	-0.0136217	0.100838	0.0113407	0	0
3	PROD STIVNET...							0.102112	0.0136217	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.989845		0.237563	-1.21605						
5	LINE BUS2 BU...							-0.100838	-0.0113407	0.0967347	0.0074555	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.102112	-0.0136217	0.100838	0.0113407	0	0
7	BUS3	1	1	0.946413	** Low **	0.227139	-3.22563						
8	LINE BUS2 BU...							-0.100838	-0.0113407	0.0967347	0.0074555	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-1.47029E-013	2.90139E-007	1.37485E-014	-2.69704E-007	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0967347	-0.00745579	0.0922807	0.00354764	0	0
11	BUS4	1	1	0.946414	** Low **	0.227139	-3.22566						
12	LINE BUS3 BU...							-1.47029E-013	2.90139E-007	1.37485E-014	-2.69704E-007	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-1.37485E-014	2.69704E-007	-2.00954E-018	-3.38415E-018	0	0
14	BUS5	1	1	0.946414	** Low **	0.227139	-3.22566						
15	LINE BUS4 BU...							-1.37485E-014	2.69704E-007	-2.00954E-018	-3.38415E-018	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.02	-6.45368E-011	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...							0.02	6.45368E-011	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	0.900832	** Low **	0.2162	-5.43138						
19	LINE BUS3 BU...							-0.0967347	-0.00745579	0.0922807	0.00354764	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.0201143	-3.40976E-005	0.02	6.98157E-011	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.0202527	-7.54273E-005	0.02	-2.58918E-011	0	0
22	LINE BUS6 BU...							-0.0519137	-0.00343811	0.044756	0.00129745	0	0
23	BUS7	1	1	0.895714	** Low **	0.214971	-5.52874						
24	LINE BUS6 BU...							-0.0201143	-3.40976E-005	0.02	6.98157E-011	0	0
25	LOAD BUS7 0							-0.02	-6.98157E-011	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.889584	** Low **	0.2135	-5.64528						
27	LINE BUS6 BU...							-0.0202527	-7.54273E-005	0.02	-2.58918E-011	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.02	2.58918E-011	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.775255	** Low **	0.186061	-7.56069						
30	LINE BUS6 BU...							-0.0519137	-0.00343811	0.044756	0.00129745	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.0216133	-0.000358107	0.02	-4.46798E-011	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.0231427	-0.000939347	0.02	-8.97912E-011	0	0
33	BUS10	1	1	0.717288	** Low **	0.172149	-8.50995						
34	LINE BUS9 BU...							-0.0216133	-0.000358107	0.02	-4.46798E-011	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.02	4.46798E-011	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.669427	** Low **	0.160663	-9.88722						
37	LINE BUS9 BU...							-0.0231427	-0.000939347	0.02	-8.97912E-011	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.02	8.97912E-011	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og stor produksjon på bus 5 (20kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U/kV	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.101791	-0.00371082	0.100533	0.00148093	0	0
3	PROD STIVNET...							0.101791	0.00371082	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.992023		0.238085	-1.25117						
5	LINE BUS2 BU...							-0.100533	-0.00148093	0.0965224	-0.00231664	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.101791	-0.00371082	0.100533	0.00148093	0	0
7	BUS3	1	1	0.952614		0.228627	-3.47002						
8	LINE BUS2 BU...							-0.100533	-0.00148093	0.0965224	-0.00231664	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.000222143	0.00958877	6.75801E-005	-0.00966646	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0963003	-0.00727213	0.0919444	0.00345017	0	0
11	BUS4	1	1	0.960101		0.230424	-4.39659						
12	LINE BUS3 BU...							-0.000222143	0.00958877	6.75801E-005	-0.00966646	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-6.75801E-005	0.00966646	-9.10923E-011	-0.0096864	0	0
14	BUS5	1	1	0.962085		0.2309	-4.79716						
15	LINE BUS4 BU...							-6.75801E-005	0.00966646	-9.10923E-011	-0.0096864	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.02	1.54495E-010	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...							0.02	0.0096864	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	0.907582	** Low **	0.21782	-5.63954						
19	LINE BUS3 BU...							-0.0963003	-0.00727213	0.0919444	0.00345017	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.0201125	-3.35841E-005	0.02	6.84712E-011	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.0202489	-7.42758E-005	0.02	3.08197E-011	0	0
22	LINE BUS6 BU...							-0.051583	-0.00334231	0.0446222	0.00126058	0	0
23	BUS7	1	1	0.902502	** Low **	0.2166	-5.73546						
24	LINE BUS6 BU...							-0.0201125	-3.35841E-005	0.02	6.84712E-011	0	0
25	LOAD BUS7 0							-0.02	-6.84712E-011	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.89642	** Low **	0.215141	-5.85023						
27	LINE BUS6 BU...							-0.0202489	-7.42758E-005	0.02	3.08197E-011	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.02	-3.08197E-011	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.783779	** Low **	0.188107	-7.72948						
30	LINE BUS6 BU...							-0.051583	-0.00334231	0.0446222	0.00126058	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.0215724	-0.000349031	0.02	-2.65505E-010	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.0230498	-0.000911545	0.02	1.32503E-010	0	0
33	BUS10	1	1	0.726554	** Low **	0.174373	-8.65643						
34	LINE BUS9 BU...							-0.0215724	-0.000349031	0.02	-2.65505E-010	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.02	2.65505E-010	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.679542	** Low **	0.16309	-9.99642						
37	LINE BUS9 BU...							-0.0230498	-0.000911545	0.02	1.32503E-010	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.02	-1.32503E-010	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og stor produksjon på bus 7 (20kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kW	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.100472	-0.0120577	0.0992248	0.00985683	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.100472	0.0120577	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.990297		0.237671	-1.2016						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0992248	-0.00985683	0.095266	0.00610876	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.100472	-0.0120577	0.0992248	0.00985683	0	0
7	BUS3	1	1	0.948074	** Low **	0.227538	-3.2057						
8	LINE BUS2 BU...							-0.0992248	-0.00985683	0.095266	0.00610876	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.0210844	-0.000477771	0.0203299	9.84442E-005	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0741817	-0.00563099	0.071572	0.00334119	0	0
11	BUS4	1	1	0.913925	** Low **	0.219342	-4.22641						
12	LINE BUS3 BU...							-0.0210844	-0.000477771	0.0203299	9.84442E-005	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.0203299	-9.84442E-005	0.02	1.70302E-010	0	0
14	BUS5	1	1	0.899084	** Low **	0.21578	-4.50455						
15	LINE BUS4 BU...							-0.0203299	-9.84442E-005	0.02	1.70302E-010	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.02	-1.70302E-010	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.913091	** Low **	0.219142	-4.87381						
18	LINE BUS3 BU...							-0.0741817	-0.00563099	0.071572	0.00334119	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-5.07738E-016	8.62971E-008	-6.28535E-017	-5.71755E-017	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.0202458	-7.33554E-005	0.02	4.65612E-011	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.0513262	-0.00326792	0.0445184	0.00123197	0	0
22	BUS7	1	1	0.913091	** Low **	0.219142	-4.87381						
23	LINE BUS6 BU...							-5.07738E-016	8.62971E-008	-6.28535E-017	-5.71755E-017	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.02	-6.5595E-011	0	0	0	0
25	PROD GENERAT...							0.02	6.5595E-011	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.901998	** Low **	0.21648	-5.08193						
27	LINE BUS6 BU...							-0.0202458	-7.33554E-005	0.02	4.65612E-011	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.02	-4.65612E-011	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.790683	** Low **	0.189764	-6.93257						
30	LINE BUS6 BU...							-0.0513262	-0.00326792	0.0445184	0.00123197	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.0215405	-0.000341945	0.02	2.33855E-010	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.0229779	-0.000890025	0.02	-1.6887E-010	0	0
33	BUS10	1	1	0.734043	** Low **	0.17617	-7.84205						
34	LINE BUS9 BU...							-0.0215405	-0.000341945	0.02	2.33855E-010	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.02	-2.33855E-010	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.687694	** Low **	0.165047	-9.15306						
37	LINE BUS9 BU...							-0.0229779	-0.000890025	0.02	-1.6887E-010	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.02	1.6887E-010	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og stor produksjon på bus 7 (20kW cos φ= 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kW	FI(u) Deq.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0997928	-0.00200105	0.098565	-0.00013994	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0997928	0.00200105	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.992531		0.238207	-1.23281						
5	LINE BUS2 BU...							-0.098565	0.00013994	0.0947143	-0.00378573	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0997928	-0.00200105	0.098565	-0.00013994	0	0
7	BUS3	1	1	0.954516		0.229084	-3.44037						
8	LINE BUS2 BU...							-0.098565	0.00013994	0.0947143	-0.00378573	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.0210681	-0.000470603	0.0203249	9.69617E-005	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0736462	0.00425633	0.0711147	-0.00647748	0	0
11	BUS4	1	1	0.920627	** Low **	0.22095	-4.44671						
12	LINE BUS3 BU...							-0.0210681	-0.000470603	0.0203249	9.69617E-005	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.0203249	-9.69617E-005	0.02	3.6004E-011	0	0
14	BUS5	1	1	0.905898	** Low **	0.217415	-4.72075						
15	LINE BUS4 BU...							-0.0203249	-9.69617E-005	0.02	3.6004E-011	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.02	-3.6004E-011	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.92398	** Low **	0.221755	-5.3371						
18	LINE BUS3 BU...							-0.0736462	0.00425633	0.0711147	-0.00647748	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-2.51468E-005	0.00967897	4.88469E-011	-0.0096864	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.0202399	-7.15857E-005	0.02	-1.67843E-011	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.0508497	-0.0031299	0.044326	0.00117898	0	0
22	BUS7	1	1	0.924695	** Low **	0.221927	-5.48596						
23	LINE BUS6 BU...							-2.51468E-005	0.00967897	4.88469E-011	-0.0096864	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.02	-5.33788E-011	0	0	0	0
25	PROD GENERAT...							0.02	0.0096864	0	0	0	0
26	BUS8	1	1	0.913022	** Low **	0.219125	-5.54029						
27	LINE BUS6 BU...							-0.0202399	-7.15857E-005	0.02	-1.67843E-011	0	0
28	LOAD BUS8 0							-0.02	1.67843E-011	0	0	0	0
29	BUS9	1	1	0.804202	** Low **	0.193009	-7.33662						
30	LINE BUS6 BU...							-0.0508497	-0.0031299	0.044326	0.00117898	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.0214809	-0.000328711	0.02	-2.62879E-010	0	0
32	LINE BUS9 BU...							-0.0228451	-0.000850265	0.02	-1.46507E-010	0	0
33	BUS10	1	1	0.748673	** Low **	0.179682	-8.21334						
34	LINE BUS9 BU...							-0.0214809	-0.000328711	0.02	-2.62879E-010	0	0
35	LOAD BUS10 ...							-0.02	2.62879E-010	0	0	0	0
36	BUS11	1	1	0.703559	** Low **	0.168854	-9.47052						
37	LINE BUS9 BU...							-0.0228451	-0.000850265	0.02	-1.46507E-010	0	0
38	LOAD BUS11 ...							-0.02	1.46507E-010	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og stor produksjon på bus 11 (20kW)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0901163	-0.00768371	0.0890186	0.00592671	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0901163	0.00768371	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.991959		0.23807	-1.08881						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0890186	-0.00592671	0.0858601	0.00293632	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0901163	-0.00768371	0.0890186	0.00592671	0	0
7	BUS3	1	1	0.955208		0.22925	-2.93916						
8	LINE BUS2 BU...							-0.0890186	-0.00592671	0.0858601	0.00293632	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.0210664	-0.000469843	0.0203244	9.68043E-005	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0647937	-0.00246648	0.0628408	0.000752947	0	0
11	BUS4	1	1	0.921347	** Low **	0.221123	-3.94398						
12	LINE BUS3 BU...							-0.0210664	-0.000469843	0.0203244	9.68043E-005	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.0203244	-9.68043E-005	0.02	1.16157E-010	0	0
14	BUS5	1	1	0.90663	** Low **	0.217591	-4.21759						
15	LINE BUS4 BU...							-0.0203244	-9.68043E-005	0.02	1.16157E-010	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.02	-1.16157E-010	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.925814	** Low **	0.222195	-4.4327						
18	LINE BUS3 BU...							-0.0647937	-0.00246648	0.0628408	0.000752947	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.021081	-3.22533E-005	0.02	3.94721E-011	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.0202389	-7.12939E-005	0.02	1.89885E-010	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.0224937	-0.0006494	0.021226	0.000270916	0	0
22	BUS7	1	1	0.920835	** Low **	0.221	-4.52486						
23	LINE BUS6 BU...							-0.0201081	-3.22533E-005	0.02	3.94721E-011	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.02	-3.94721E-011	0	0	0	0
25	BUS8	1	1	0.914878	** Low **	0.219571	-4.63508						
26	LINE BUS6 BU...							-0.0202389	-7.12939E-005	0.02	1.89885E-010	0	0
27	LOAD BUS8 0							-0.02	-1.89885E-010	0	0	0	0
28	BUS9	1	1	0.873341	** Low **	0.209602	-5.35719						
29	LINE BUS6 BU...							-0.0224937	-0.0006494	0.021226	0.000270916	0	0
30	LINE BUS9 BU...							-0.021226	-0.000272128	0.02	-1.74324E-010	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-1.69494E-012	1.21292E-006	4.1333E-018	2.11405E-018	0	0
32	BUS10	1	1	0.822831	** Low **	0.197479	-6.09174						
33	LINE BUS9 BU...							-0.021226	-0.000272128	0.02	-1.74324E-010	0	0
34	LOAD BUS10 ...							-0.02	1.74324E-010	0	0	0	0
35	BUS11	1	1	0.873342	** Low **	0.209602	-5.35735						
36	LINE BUS9 BU...							-1.69494E-012	1.21292E-006	4.1333E-018	2.11405E-018	0	0
37	LOAD BUS11 ...							-0.02	-2.9243E-011	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.02	2.9243E-011	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og stor produksjon på bus 11 (20kW cos ϕ = 0,9)

	Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Deg.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0						
2	TR2 BUS1 BU...							-0.0907528	0.00176458	0.0896498	-0.0035343	0	0
3	PROD STIVTNET...							0.0907528	-0.00176458	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.993969		0.238553	-1.1343						
5	LINE BUS2 BU...							-0.0896498	0.0035343	0.0864684	-0.00654634	0	0
6	TR2 BUS1 BU...							-0.0907528	0.00176458	0.0896498	-0.0035343	0	0
7	BUS3	1	1	0.960694		0.230567	-3.20616						
8	LINE BUS2 BU...							-0.0896498	0.0035343	0.0864684	-0.00654634	0	0
9	LINE BUS3 BU...							-0.0210529	-0.000463884	0.0203203	9.55717E-005	0	0
10	LINE BUS3 BU...							-0.0654155	0.00701022	0.0634279	-0.00875421	0	0
11	BUS4	1	1	0.927051	** Low **	0.222492	-4.199						
12	LINE BUS3 BU...							-0.0210529	-0.000463884	0.0203203	9.55717E-005	0	0
13	LINE BUS4 BU...							-0.0203203	-9.55717E-005	0.02	1.02879E-010	0	0
14	BUS5	1	1	0.912428	** Low **	0.218983	-4.4692						
15	LINE BUS4 BU...							-0.0203203	-9.55717E-005	0.02	1.02879E-010	0	0
16	LOAD BUS5 0							-0.02	-1.02879E-010	0	0	0	0
17	BUS6	1	1	0.934981	** Low **	0.224395	-4.94766						
18	LINE BUS3 BU...							-0.0654155	0.00701022	0.0634279	-0.00875421	0	0
19	LINE BUS6 BU...							-0.020106	-3.16137E-005	0.02	1.30074E-011	0	0
20	LINE BUS6 BU...							-0.0202342	-6.98623E-005	0.02	-1.32677E-010	0	0
21	LINE BUS6 BU...							-0.0230878	0.00885569	0.0215868	-0.00930391	0	0
22	BUS7	1	1	0.930052	** Low **	0.223212	-5.03801						
23	LINE BUS6 BU...							-0.020106	-3.16137E-005	0.02	1.30074E-011	0	0
24	LOAD BUS7 0							-0.02	-1.30074E-011	0	0	0	0
25	BUS8	1	1	0.924155	** Low **	0.221797	-5.14604						
26	LINE BUS6 BU...							-0.0202342	-6.98623E-005	0.02	-1.32677E-010	0	0
27	LOAD BUS8 0							-0.02	1.32677E-010	0	0	0	0
28	BUS9	1	1	0.88881	** Low **	0.213314	-7.2803						
29	LINE BUS6 BU...							-0.0230878	0.00885569	0.0215868	-0.00930391	0	0
30	LINE BUS9 BU...							-0.0211784	-0.000261558	0.02	-8.96396E-011	0	0
31	LINE BUS9 BU...							-0.000408484	0.00956547	1.15572E-010	-0.0096864	0	0
32	BUS10	1	1	0.839292	** Low **	0.20143	-7.98791						
33	LINE BUS9 BU...							-0.0211784	-0.000261558	0.02	-8.96396E-011	0	0
34	LOAD BUS10 ...							-0.02	8.96396E-011	0	0	0	0
35	BUS11	1	1	0.899346	** Low **	0.215943	-9.72573						
36	LINE BUS9 BU...							-0.000408484	0.00956547	1.15572E-010	-0.0096864	0	0
37	LOAD BUS11 ...							-0.02	-2.20707E-010	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...							0.02	0.0096864	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og stor produksjon hos alle sluttbrukerne (4kW)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.0941539	-0.00951961	0.093	0.00759552	0	0
3	PROD STIVTNET...						0.0941539	0.00951961	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.991283		0.237908	-1.13222					
5	LINE BUS2 BU...						-0.093	-0.00759552	0.0895403	0.00431991	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.0941539	-0.00951961	0.093	0.00759552	0	0
7	BUS3	1	1	0.952344		0.228563	-3.03922					
8	LINE BUS2 BU...						-0.093	-0.00759552	0.0895403	0.00431991	0	0
9	LINE BUS3 BU...						-0.0166718	-0.000295878	0.0162044	6.08866E-005	0	0
10	LINE BUS3 BU...						-0.0728685	-0.00402404	0.0703797	0.00184026	0	0
11	BUS4	1	1	0.925506	** Low **	0.222121	-3.84074					
12	LINE BUS3 BU...						-0.0166718	-0.000295878	0.0162044	6.08866E-005	0	0
13	LINE BUS4 BU...						-0.0162044	-6.08866E-005	0.016	-7.35509E-011	0	0
14	BUS5	1	1	0.913826	** Low **	0.219318	-4.05693					
15	LINE BUS4 BU...						-0.0162044	-6.08866E-005	0.016	-7.35509E-011	0	0
16	LOAD BUS5 0						-0.02	9.75266E-011	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...						0.004	-2.39757E-011	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	0.918732	** Low **	0.220496	-4.70227					
19	LINE BUS3 BU...						-0.0728685	-0.00402404	0.0703797	0.00184026	0	0
20	LINE BUS6 BU...						-0.0160701	-2.08892E-005	0.016	-3.67723E-011	0	0
21	LINE BUS6 BU...						-0.0161546	-4.606E-005	0.016	-7.89101E-011	0	0
22	LINE BUS6 BU...						-0.038155	-0.00177331	0.034446	0.000664436	0	0
23	BUS7	1	1	0.914722	** Low **	0.219533	-4.77706					
24	LINE BUS6 BU...						-0.0160701	-2.08892E-005	0.016	-3.67723E-011	0	0
25	LOAD BUS7 0						-0.02	8.76523E-011	0	0	0	0
26	PROD GENERAT...						0.004	4.54612E-012	0	0	0	0
27	BUS8	1	1	0.909936	** Low **	0.218385	-4.86631					
28	LINE BUS6 BU...						-0.0161546	-4.606E-005	0.016	-7.89101E-011	0	0
29	LOAD BUS8 0						-0.02	1.75416E-010	0	0	0	0
30	PROD GENERAT...						0.004	-6.57943E-012	0	0	0	0
31	BUS9	1	1	0.828682	** Low **	0.198884	-6.25938					
32	LINE BUS6 BU...						-0.038155	-0.00177331	0.034446	0.000664436	0	0
33	LINE BUS9 BU...						-0.016859	-0.000190667	0.016	6.61452E-011	0	0
34	LINE BUS9 BU...						-0.017587	-0.00047377	0.016	-9.55653E-011	0	0
35	BUS10	1	1	0.786409	** Low **	0.188738	-6.90736					
36	LINE BUS9 BU...						-0.016859	-0.000190667	0.016	6.61452E-011	0	0
37	LOAD BUS10 ...						-0.02	-4.93699E-011	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...						0.004	-1.67753E-011	0	0	0	0
39	BUS11	1	1	0.753631	** Low **	0.180871	-7.80587					
40	LINE BUS9 BU...						-0.017587	-0.00047377	0.016	-9.55653E-011	0	0
41	LOAD BUS11 ...						-0.02	-9.08317E-011	0	0	0	0
42	PROD GENERAT...						0.004	6.77903E-012	0	0	0	0

Svakt nett, stor last (20kW) og stor produksjon hos alle sluttbrukerne (4kW cos φ= 0,9)

Name	Region	Area	U.p.u.	Remark	U kv	FI(u) Dea.	P1 MW	Q1 Mvar	P2 MW	Q2 Mvar	P3 MW	Q3 Mvar
1	BUS1	1	1	1		11	0					
2	TR2 BUS1 BU...						-0.0938556	0.000348395	0.0927113	-0.00224085	0	0
3	PROD STIVTNET...						0.0938556	-0.000348395	0	0	0	0
4	BUS2	1	1	0.993449		0.238428	-1.16759					
5	LINE BUS2 BU...						-0.0927113	0.00224085	0.0893087	-0.00546238	0	0
6	TR2 BUS1 BU...						-0.0938556	0.000348395	0.0927113	-0.00224085	0	0
7	BUS3	1	1	0.958496		0.230039	-3.28303					
8	LINE BUS2 BU...						-0.0927113	0.00224085	0.0893087	-0.00546238	0	0
9	LINE BUS3 BU...						-0.0166692	0.00164256	0.0162036	-0.00187665	0	0
10	LINE BUS3 BU...						-0.0726395	0.00381982	0.0701986	-0.00596152	0	0
11	BUS4	1	1	0.93343	** Low **	0.224023	-4.26182					
12	LINE BUS3 BU...						-0.0166692	0.00164256	0.0162036	-0.00187665	0	0
13	LINE BUS4 BU...						-0.0162036	0.00187665	0.016	-0.0019373	0	0
14	BUS5	1	1	0.922271	** Low **	0.221345	-4.56017					
15	LINE BUS4 BU...						-0.0162036	0.00187665	0.016	-0.0019373	0	0
16	LOAD BUS5 0						-0.02	-1.15796E-010	0	0	0	0
17	PROD GENERAT...						0.004	0.0019373	0	0	0	0
18	BUS6	1	1	0.92834	** Low **	0.222802	-5.12698					
19	LINE BUS3 BU...						-0.0726395	0.00381982	0.0701986	-0.00596152	0	0
20	LINE BUS6 BU...						-0.0160696	0.00191655	0.016	-0.0019373	0	0
21	LINE BUS6 BU...						-0.0161535	0.00189158	0.016	-0.0019373	0	0
22	LINE BUS6 BU...						-0.0379755	0.00215338	0.0343732	-0.00323032	0	0
23	BUS7	1	1	0.924516	** Low **	0.221884	-5.22984					
24	LINE BUS6 BU...						-0.0160696	0.00191655	0.016	-0.0019373	0	0
25	LOAD BUS7 0						-0.02	1.84493E-011	0	0	0	0
26	PROD GENERAT...						0.004	0.0019373	0	0	0	0
27	BUS8	1	1	0.919951	** Low **	0.220788	-5.35253					
28	LINE BUS6 BU...						-0.0161535	0.00189158	0.016	-0.0019373	0	0
29	LOAD BUS8 0						-0.02	1.46396E-011	0	0	0	0
30	PROD GENERAT...						0.004	0.0019373	0	0	0	0
31	BUS9	1	1	0.842628	** Low **	0.202231	-7.25148					
32	LINE BUS6 BU...						-0.0379755	0.00215338	0.0343732	-0.00323032	0	0
33	LINE BUS9 BU...						-0.0168375	0.0017514	0.016	-0.0019373	0	0
34	LINE BUS9 BU...						-0.0175357	0.00147892	0.016	-0.0019373	0	0
35	BUS10	1	1	0.802234	** Low **	0.192536	-8.21695					
36	LINE BUS9 BU...						-0.0168375	0.0017514	0.016	-0.0019373	0	0
37	LOAD BUS10 ...						-0.02	-9.50799E-011	0	0	0	0
38	PROD GENERAT...						0.004	0.0019373	0	0	0	0
39	BUS11	1	1	0.771717	** Low **	0.185212	-9.33802					
40	LINE BUS9 BU...						-0.0175357	0.00147892	0.016	-0.0019373	0	0
41	LOAD BUS11 ...						-0.02	-7.33065E-011	0	0	0	0
42	PROD GENERAT...						0.004	0.0019373	0	0	0	0

Vedlegg H: Utdrag § 14 og § 20 fra FoS i FIKS

:

” § 14 Planlegging og idriftsettelse av tekniske anlegg i kraftsystemet.

Konsesjonær skal informere systemansvarlig om planer for nye anlegg eller endring av egne anlegg tilknyttet regional- og sentralnettet, når andre konsesjonærer blir berørt av dette. Nye anlegg eller endringer kan ikke idriftsettes uten etter vedtak av systemansvarlig.

Områdekonsesjonær skal informere systemansvarlig om planer for nye eller endringer i eksisterende produksjonsanlegg i eget distribusjonsnett når disse planene kan ha vesentlig betydning for driften og utnyttelsen av regional- og sentralnettet. Systemansvarlig kan fatte vedtak vedrørende anleggenes funksjonalitet.” [50]

”§ 20 Vern og reléplanlegging.

Systemansvarlig kan fastsette type, plassering og innstilling av vern og gjeninnkoblingsutstyr i regional- og sentralnettet, og tilknyttede produksjonsenheter (reléplaner).” [50]

Vedlegg I: Noen tabeller fra "PV en PQ interaksie en grenzen" [55]:

Tabell 12.10 Harmoniske for en solcellepanel(PV)-effekt på 400W [55]

Tabel C22 Harmonischen bij een vermogen van 400W

Harmonische vervorming									
harm.	PV-vermogen : 400 W per inverter								
K	$I_{THD(1)}=13,36\%$		$I_{THD(2)}=13,09\%$		$I_{THD(3)}=15,17\%$		$U_{THD}=2,778\%$		
	I_k/I_1 (%)	fasehoek	I_k/I_1 (%)	fasehoek	I_k/I_1 (%)	fasehoek	U_k/U_1 (%)	faseho	
2	1,255	091	1,252	058	1,123	111	0,071	020	
3	3,838	118	3,387	119	3,293	100	0,236	193	
4	0,443	216	1,031	229	1,684	249	0,047	221	
5	7,675	212	7,732	216	8,009	210	1,437	205	
6	0,000	063	0,815	001	1,460	029	0,024	318	
7	7,454	285	7,511	285	8,757	288	2,238	187	
8	0,221	061	0,957	323	0,749	141	0,024	129	
9	2,214	032	2,356	038	3,368	038	0,283	193	
10	0,148	240	1,031	173	1,347	241	0,047	331	
11	3,321	183	3,461	187	4,004	183	0,306	360	
12	0,295	112	0,884	254	1,609	018	0,071	094	
13	1,845	263	1,767	282	3,069	282	0,377	004	
14	0,590	296	0,663	175	1,572	159	0,071	208	
15	2,435	325	2,430	327	2,957	358	0,306	351	
16	0,517	112	0,221	030	1,085	292	0,071	329	
17	1,033	078	1,399	093	1,722	127	0,118	033	
18	0,221	321	0,442	273	0,674	043	0,047	129	
19	1,624	225	1,473	250	2,246	266	0,236	156	
20	0,369	197	0,295	101	0,823	147	0,024	258	
21	0,959	246	1,178	259	0,749	323	0,071	113	
22	0,517	344	0,221	145	0,674	264	0,024	027	
23	0,221	130	0,074	201	0,711	184	0,094	176	
24	0,148	106	0,295	195	0,449	048	0,024	316	
25	0,148	171	0,295	178	0,561	271	0,094	303	
26	0,295	151	0,295	345	0,187	156	0,000	122	
27	0,221	223	0,295	126	0,449	078	0,024	162	
28	0,738	272	0,147	110	0,112	206	0,000	099	
29	0,443	134	0,295	149	0,749	188	0,024	049	
30	0,664	027	0,295	133	0,075	201	0,000	043	
31	0,590	089	0,368	234	0,225	231	0,047	112	
32	0,590	146	0,221	071	0,150	072	0,000	199	
33	0,443	102	0,589	068	0,561	094	0,047	258	
34	0,443	262	0,221	324	0,037	312	0,000	236	
35	1,033	353	0,295	144	0,337	105	0,024	205	
36	0,369	000	0,515	023	0,150	058	0,000	050	
37	0,590	291	0,663	328	0,711	357	0,024	359	
38	0,221	171	0,442	187	0,150	182	0,000	284	
39	0,738	200	0,368	347	0,674	357	0,047	083	
40	0,295	237	0,515	301	0,150	327	0,000	291	
41	1,402	228	0,663	259	0,936	291	0,024	301	
42	0,148	214	0,295	134	0,112	140	0,000	048	
43	1,328	164	0,663	239	0,098	246	0,024	155	
44	0,295	072	0,221	142	0,037	216	0,000	165	
45	1,181	086	0,295	172	0,561	184	0,000	307	
46	0,590	137	0,368	174	0,112	113	0,000	144	
47	1,255	101	0,663	138	1,085	170	0,000	062	
48	0,959	303	0,663	040	0,337	165	0,000	007	
49	1,919	350	0,295	102	0,898	076	0,047	283	
50	0,738	014	0,147	062	0,412	167	0,000	015	

Tabell 12.11 Harmoniske for en PV effekt på 1000W [55]

Tabel C24 Harmonischen bij een vermogen van 1000 W

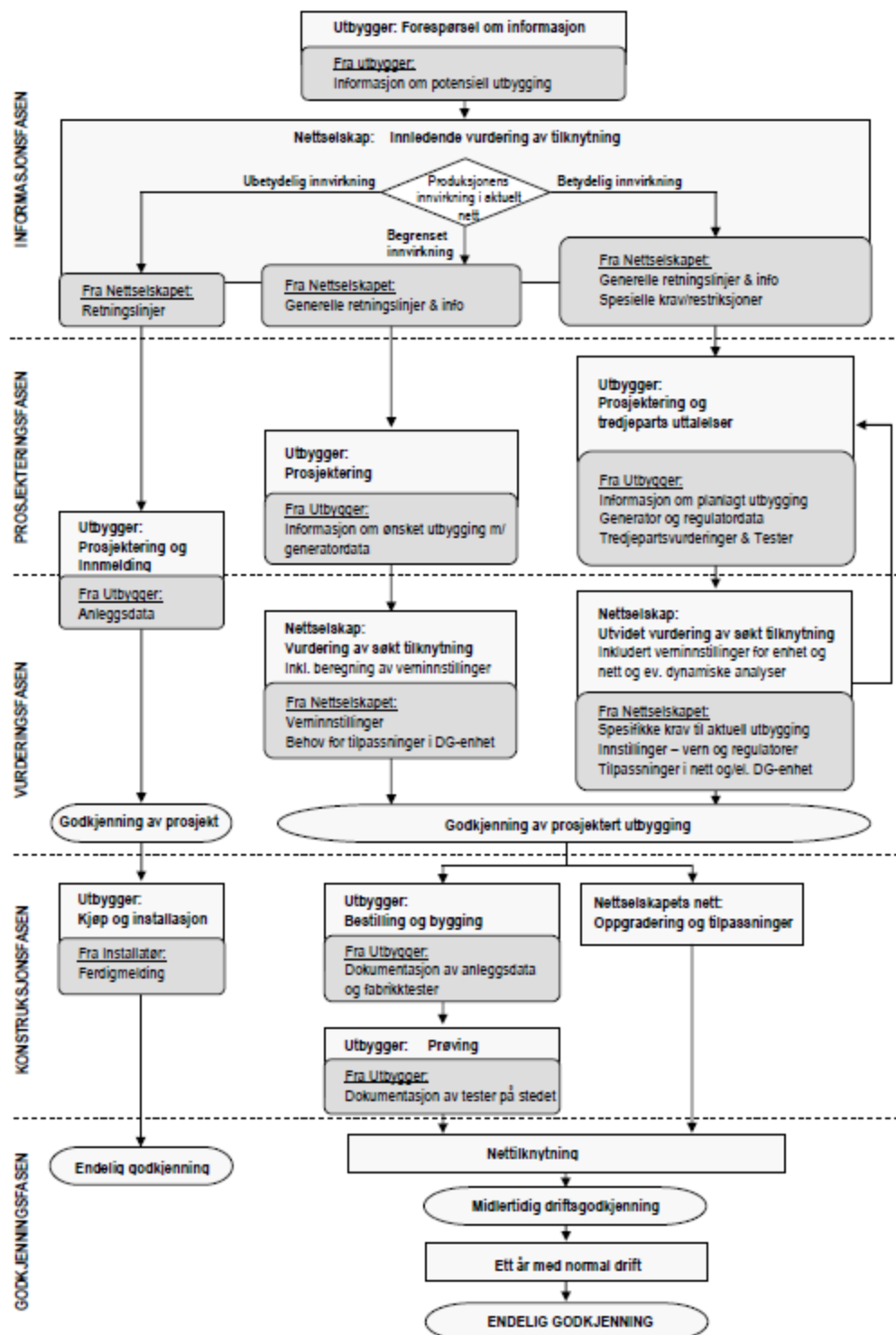
Harmonische vervorming								
harm.	PV-vermogen : 1000 W per inverter							
K	I _{THD(1)} =10,03%		I _{THD(2)} =10,15%		I _{THD(3)} =10,13%		U	
	I _k /I ₁ (%)	fasehoek	I _k /I ₁ (%)	fasehoek	I _k /I ₁ (%)	fasehoek	U _k /U ₁ (%)	faseho
2	1,080	045	0,201	057	0,408	142	0,070	010
3	7,764	078	7,874	077	7,630	075	0,723	128
4	0,234	138	0,144	282	0,539	208	0,023	228
5	4,174	178	4,224	174	4,033	171	1,843	207
6	0,117	015	0,144	351	0,539	286	0,047	352
7	3,473	225	3,707	222	3,742	219	2,077	197
8	0,146	297	0,172	175	0,408	030	0,023	118
9	0,963	189	0,948	191	1,267	210	0,350	169
10	0,175	260	0,374	049	0,641	096	0,070	049
11	2,510	046	2,414	046	2,679	046	0,887	025
12	0,438	012	0,402	208	0,859	205	0,140	139
13	0,263	234	0,287	169	0,495	163	0,140	100
14	0,379	121	0,201	296	0,684	305	0,117	239
15	0,671	326	0,776	324	0,670	319	0,420	246
16	0,263	181	0,172	316	0,510	022	0,047	278
17	0,759	128	0,833	133	0,510	166	0,280	038
18	0,117	186	0,201	042	0,364	106	0,047	288
19	0,234	001	0,316	349	0,670	003	0,117	217
20	0,175	285	0,086	159	0,335	202	0,023	348
21	0,175	188	0,144	220	0,277	118	0,070	009
22	0,088	051	0,086	166	0,248	299	0,023	113
23	0,321	296	0,201	292	0,248	232	0,070	161
24	0,088	231	0,115	033	0,349	050	0,023	297
25	0,263	160	0,201	180	0,277	224	0,070	008
26	0,029	205	0,057	132	0,233	151	0,000	053
27	0,263	248	0,144	258	0,204	312	0,070	147
28	0,117	211	0,144	310	0,189	076	0,000	161
29	0,088	345	0,115	022	0,204	071	0,023	321
30	0,088	286	0,172	116	0,087	040	0,000	347
31	0,117	132	0,029	198	0,175	179	0,023	152
32	0,146	035	0,086	243	0,029	171	0,000	240
33	0,029	135	0,144	195	0,116	252	0,047	315
34	0,175	156	0,086	349	0,073	351	0,000	055
35	0,088	257	0,201	076	0,102	076	0,047	131
36	0,234	310	0,057	180	0,131	168	0,000	189
37	0,088	117	0,115	287	0,015	197	0,023	325
38	0,146	089	0,086	155	0,058	254	0,000	313
39	0,146	290	0,201	257	0,189	277	0,023	168
40	0,088	186	0,115	294	0,102	348	0,000	084
41	0,146	089	0,316	080	0,218	099	0,023	009
42	0,058	315	0,086	074	0,073	094	0,000	008
43	0,146	244	0,230	223	0,204	250	0,023	165
44	0,146	029	0,086	256	0,102	223	0,000	156
45	0,058	063	0,201	003	0,146	039	0,023	325
46	0,292	202	0,144	108	0,146	074	0,000	313
47	0,175	175	0,172	136	0,146	169	0,023	154
48	0,263	356	0,115	301	0,102	239	0,000	106
49	0,263	341	0,402	238	0,160	291	0,000	070
50	0,234	216	0,144	242	0,087	002	0,000	312

Tabell 12.12 Harmoniske for en PV-effekt på 1680W og 1880W [55]

Tabel C25 Harmonischen bij een vermogens van 1680 en 1880 W

Harmonische vervorming								
harm.	PV-vermogen : 1680 W				PV-vermogen : 1880 W			
K	$I_{THD(1)}=12,11\%$		$U_{THD(1)}=4,378\%$		$I_{THD(1)}=19,65\%$		$U_{THD(1)}=8,549\%$	
	I_k/I_1 (%)	fasehoek	U_k/U_1 (%)	fasehoek	I_k/I_1 (%)	fasehoek	U_k/U_1 (%)	faseh
1	1,005	036	0,046	015	1,969	290	0,206	131
3	9,029	070	1,290	116	10,04	085	1,376	134
4	0,457	123	0,069	269	1,132	039	0,321	261
5	4,350	177	2,027	212	4,446	184	1,904	218
6	0,183	228	0,069	349	0,607	129	0,229	006
7	2,394	199	1,981	197	1,591	177	1,697	190
8	0,110	146	0,092	321	0,541	085	0,275	278
9	1,371	210	0,484	246	1,722	233	0,734	277
	0,347	220	0,207	024	1,690	134	0,780	340
11	4,643	004	2,418	009	7,316	351	3,693	015
12	0,402	269	0,299	062	5,709	185	2,913	029
13	3,217	130	1,474	117	12,66	089	6,307	109
14	0,658	355	0,322	174	0,410	238	0,161	053
15	1,755	209	0,806	187	1,608	128	0,826	129
16	0,238	070	0,092	216	0,344	038	0,206	227
17	0,366	223	0,138	105	0,623	161	0,298	160
18	0,201	104	0,092	228	0,377	079	0,275	254
19	0,749	263	0,415	218	0,492	259	0,298	273
20	0,201	137	0,092	286	0,333	011	0,023	343
21	0,512	291	0,161	293	0,213	236	0,069	180
22	0,165	214	0,046	303	0,230	041	0,161	222
23	0,311	342	0,184	226	0,330	255	0,161	273
24	0,183	181	0,046	314	0,279	075	0,046	235
25	0,073	236	0,138	339	0,312	270	0,092	212
26	0,329	243	0,046	316	0,312	110	0,138	255
27	0,146	324	0,023	138	0,410	331	0,229	290
28	0,219	276	0,023	352	0,295	170	0,138	322
29	0,073	096	0,092	338	0,295	003	0,115	353
30	0,091	357	0,023	029	0,164	228	0,069	020
31	0,146	059	0,023	166	0,197	031	0,092	316
32	0,055	266	0,023	046	0,131	274	0,069	006
33	0,165	259	0,046	326	0,180	107	0,092	057
34	0,128	343	0,000	021	0,066	306	0,046	108
35	0,165	057	0,023	134	0,049	212	0,046	255
36	0,091	077	0,023	096	0,049	206	0,023	267
37	0,165	197	0,023	334	0,049	015	0,046	351
38	0,073	217	0,000	135	0,082	271	0,046	026
39	0,073	044	0,000	061	0,115	112	0,023	230
40	0,110	345	0,000	070	0,131	284	0,046	034
41	0,110	268	0,023	073	0,131	154	0,046	035
42	0,173	110	0,000	175	0,098	336	0,046	051
43	0,201	086	0,023	240	0,115	155	0,046	088
44	0,091	007	0,000	353	0,082	039	0,023	082
45	0,091	254	0,023	049	0,033	270	0,046	143
46	0,146	165	0,023	162	0,033	341	0,023	311
47	0,018	319	0,023	201	0,016	235	0,023	118
48	0,091	320	0,023	291	0,016	168	0,023	324
49	0,037	056	0,023	016	0,098	077	0,023	105
50	0,055	278	0,023	062	0,049	259	0,023	001

Vedlegg J: Prosessfigur for tilknytning av en produksjonsenhet i distribusjonsnett
[10]



Illustrasjon av hovedoppgaver og informasjonsflyt fra første spørsmål om mulighet for tilknytning til endelig drift av en ny produksjonsenhet i distribusjonsnett.

Figur 12.6: "Illustrasjon av hovedoppgaver og informasjonsflyt fra første spørsmål om mulighet for tilknytning til endelig drift av en ny produksjonsenhet i distribusjonsnett" [10]

Vedlegg K: DG-enhet ytelse over kortslutningsytelse

Tall fra vedlegg A og G blir benyttet i Tabell 12.13 og Tabell 12.14.

Tabell 12.13: S/Sk i det sterke nettet

Bus	U uten produksjon	+8kW	delta U for bus	S/Sk	+20kW	delta u for bus	S/sk
	Lav last						
4	236,5	239,9	3,4	0,00967	237,1	0,6	0,024174536
11	237,3	239,1	1,8	0,004988	241,6	4,3	0,012470218
	Stor last						
4	221,5	225,2	3,7	0,00967	230,6	9,1	0,024174536
11	225,9	227,8	1,9	0,004988	230,5	4,6	0,012470218

Tabell 12.14: S/Sk for det svake nettet

Bus	U uten produksjon	+8kW	delta u for bus	S/sk	+20kW	delta U for bus	S/sk
	Lav last						
5	235,5	240	4,5	0,016973	248	12,5	0,042431
7	235,7	238	2,3	0,008378	241,2	5,5	0,020946
11	228,5	240,1	11,6	26,42008	258,2	29,7	66,0502
	Stor last						
5	212	218,4	6,4	0,016973	227,1	15,1	0,042431
7	211,5	214,7	3,2	0,008378	219,1	7,6	0,020946
11	115,3	182,3	67	26,42008	209,6	94,3	66,0502

Vedlegg L: Angående anleggsbidrag

Fra ”Forskrift om kontroll av nettvirksomhet” ([61]):

”§ 1-4. Betaling og ansvar for netjtjenester

... Kunden kan faktureres for merkostnader forbundet med endring av eksisterende anlegg, eller når han etterspør kvalitet eller tjenester som normalt ikke kan forventes levert.”

”§ 15-3. Måle- og kommunikasjonsutstyr

Alt utkoblbart forbruk skal ha installert timeregistrerende utstyr. Forbrukerne kan velge å installere utstyr for fjernutkobling. Nettselskapet kan kreve at slikt utstyr installeres for kjeler med ytelse over 25 kW.

Nettselskapet kan kreve at kostnadene til nødvendig utstyr og installasjon hos kunde dekkes av kunden. Øvrige kostnader ved måling og kommunikasjon skal dekkes av nettselskapet. For dekning av kostnader ved timemåling gjelder forskrift 11. mars 1999 nr. 301 om måling, avregning og samordnet opptreden ved kraftomsetning og fakturering av netjtjenester.”

”§ 17-5. Anleggsbidrag

Nettselskapene kan fastsette et anleggsbidrag for å dekke anleggskostnadene ved nye nettilknytninger eller ved forsterkning av nettet til eksisterende kunder.

Anleggsbidrag ved forsterkning av en tilknytning kan beregnes når kunden krever økt kapasitet eller kvalitet som utløser behov for forsterkning. Anleggsbidraget skal beregnes ut fra kostnadene som følger av kundens tilknytning til nettet.

Når en tilknytning som beskrevet i første og annet ledd utløser forsterkninger i radielle fellesanlegg kan en forholdsmessig andel av disse kostnadene inngå i anleggsbidraget.

Ved investeringer i maskete nett kan anleggsbidrag kun fastsettes i ekstraordinære tilfeller.

Anleggsbidrag skal fastsettes uavhengig av kundens forventete energiuttak og kan maksimalt settes til anleggskostnad for anlegget minus tilknytningsgebyr.

Anleggskostnad settes lik nødvendige kostnader ved tilknytningen eller forsterkningen, inklusive timeverk for personell, maskiner og utstyr.

Nettselskapet kan fordele anleggsbidraget mellom kunder som blir tilknyttet på tidspunktet for ferdigstilling av anlegget og kunder som blir tilknyttet på et senere tidspunkt, men senest innen ti år etter ferdigstilling av anlegget. Fordelingen kan skje i form av en etterberegning av anleggsbidraget, når nye kunder bli tilknyttet eller ved at nettselskapet forskutterer investeringskostnadene og fastsetter anleggsbidraget andelsvis overfor de kunder som etter hvert blir tilknyttet nettet.

Nettselskapet skal på forhånd informere kunden om innkreving av, og beregningsgrunnlaget for, anleggsbidraget.

0 Tilføyd ved forskrift 17 des 2001 nr. 1486 (i kraft 1 jan 2002),

” [61]

Fra ” Beregning av anleggsbidrag - Rundskriv EMP 1/2008 ([7]):

”Levetid

Ved forsterkninger av eksisterende nett som en følge av økt kapasitet eller leveringskvalitet, har nettselskapene anledning for å kreve betalt for merkostnaden av en fremskyndet reinvestering. For å identifisere merkostnaden er det behov for å foreta en vurdering av levetiden anlegget som byttes ut.”

”

Når komponenten flyttes for bruk et annet sted i nettet belastes ikke kunden for restverdi, men for flyttekostnader. Må komponenten vrakes, kan restverdi av nettkomponenten inngå i beregningsgrunnlaget for anleggsbidraget.”

”Merkostnaden av fremskyndet reinvesteringer i nettanlegg

Ved tilknytninger i nettanlegg som medfører behov for forsterkninger i anlegget kan nettselskapene kreve et anleggsbidrag av kunden. Anleggsbidraget kan ikke innholde reinvesteringskostnader, men nettselskapene kan legge til grunn merkostnaden av en fremskyndet reinvestering i grunnlaget for anleggsbidraget. Også merkostnaden forbundet med arbeidskostnader (som er å anse som reinvesteringskostnader) kan ligge til grunn for anleggsbidraget.”

”Identifiseringen av merkostnaden ved en fremskyndet reinvestering i nettanlegg gjøres ved å sammenlikne nåværende reinvesteringskostnader med nåverdien av fremtidig reinvestering som unngås.”

”

Merkostnaden ved en fremskyndet reinvestering er altså reinvesteringskostnaden fratrukket nåverdien av fremtidig reinvestering som unngås:

$$RI - \frac{RI}{\left(1 + \frac{k}{100}\right)^t} = RI \cdot \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{k}{100}\right)^t}\right]$$

der RI = reinvesteringskostnad, k = kalkulasjonsrente og t = restlevetid.”