

Vejledning

12-04-2011

Sagsnr. 10/161

Dansk Energi
Rosenørns Allé 9
1970 Frederiksberg C.
Tlf: 35 300 400



Vejledning om nettilslutning af elkedler



Indhold:

1. Indledning	3
1.1. Afgifter for el anvendt i elkedel	3
1.2. Forskrifter & litteratur	5
1.2.1. Forskrifter	5
1.2.2. Litteratur	5
1.2.3. Aftaler, vejledninger og notater	5
1.2.4. Love og bekendtgørelser	5
2. Nettilslutning – vilkår for etablering	6
2.1. Nettilslutning med fuld netadgang	6
2.1.1. Rådighedsbetaling til 50-60 kV nettet	7
2.1.2. Eksempel 1	8
2.2. Nettilslutning med begrænset netadgang	11
2.2.1. Frekvensaflastning	12
2.2.2. Aftale og betaling	12
2.2.3. Eksempel 2	13
2.2.4. Eksempel 3	16
2.3. Særlige forhold ved elkedler anvendt til reguleringsreserve	17
3. Nettilslutning – tekniske aspekter	18
3.1. Effektgradienter	18
3.2. Spændingsfald	19
3.3. Jordslutningsstrømme (nulstrømme)	20
3.4. Beskyttelse	22
3.4.1. Beskyttelse af elkedel	22
3.4.2. Beskyttelse af net	22
4. Nettilslutning – fiskale målinger	24
4.1. Krav til afregningsmåling – regulerkraft	24
4.1.1. Måling ved regulerkraftanlæg - simpelt	25
4.1.2. Måling ved regulerkraftanlæg – forskellig PBA	26
4.2. Krav til afregningsmåling – elkedler	27
4.3. Ejerskab	29
4.4. Nettab	29
5. Nettilslutning – anbefalinger/aftaler	31
5.1. Ofte stillede spørgsmål	32
Bilag 1: Elektrodekedel – vandfyldt beholder	33
Bilag 2: Elektrodekedel – beholder med inderbeholder	34
Bilag 3: Tjekliste/skema	35
Skema til krav og oplysninger	36
Tjekliste (vejledende)	38
Bilag 4: Eksempelsamling	40
Eksempel A: Spændingsvariation i et blandet net	41

1. Indledning

Denne vejledning giver forslag til, hvordan netvirksomheder kan håndtere nettilslutning af elkedler i distributionsnettene. Det skal dog bemærkes, at den praktiske tilslutning afhænger af de lokale forhold og betingelser i det enkelte netselskab.

Nettilslutning af elkedel til opvarmning af fjernvarmevand i kraftvarmeværker kan som udgangspunkt behandles som nettilslutning af andet elforbrug. Dvs. at der som udgangspunkt kan anvendes de normale tilslutningsbetingelser, tilslutningsbidrag og tariffer, som gælder for forbrug. Der tilstræbes dermed den samme tilgængelighed til elnettet (leveringskvalitet) for elkedlens belastning som for nettets øvrige kunder.

Folketinget har imidlertid ønsket at fremme anvendelsen af el til opvarmning af fjernvarmevand i kraftvarmeværker som et middel til en bedre udnyttelse af el-produktionen i perioder med megen vindproduktion og lave elpriser på markedet. I forbindelse med finansloven for 2006 vedtog folketinget således en nedsættelse af energiafgifterne for elkedler i en forsøgsperiode på 4 år. Denne ordning er gjort permanent ved lov om ændring af lov om afgift af elektricitet m.v. af 26. juni 2010.

El-branchen er i den forbindelse blevet bedt om at undersøge, om elkedler i kraftvarmeværker kan tilsluttes på særligt favorable vilkår i det omfang, at der ikke lægges omkostninger over på andre kundegrupper.

1.1. Afgifter for el anvendt i elkedel

EU Kommissionen har i november 2007 godkendt ordningen om afgiftslempelse på fjernvarme, der blev indsat i energi- og CO₂-afgiftslovene ved lov nr. 1417 af 21. december 2005 om ændring af forskellige miljø- og energiafgiftslove.

Ordningen trådte i kraft den 1. januar 2008, jf. bekendtgørelse nr. 1327 af 30. november 2007, og var oprindeligt en midlertidig ordning, der gjaldt til og med 2011.

Afgiftslempelsen for el til fremstilling af fjernvarme er blevet gjort permanent ved lov om ændring af lov 722 om afgift af elektricitet mv. af 26. juni 2010. Det gælder både for elafgiften og for CO₂-afgiften af el. For at få afgiftslempelse skal ejeren anmelde anlægget til Told og Skat.

Det skal bemærkes, at loven endnu ikke er trådt i kraft. Den afventer godkendelse af EU-kommissionen. EU-kommissionen skal tage stilling til, hvorvidt ændringerne er i overensstemmelse med energibeskatningsdirektivet og statsstøtteregele.

Ved permanentgørelsen af elpatronordningen (lov nr. 722 af 26/6/2010) fremgår de gældende afgiftssatser.

Bilag 5. Satser vedrørende elpatronordningen i elafgiftsloven		1. jan. - 31. dec. 2010	1. jan. - 31. dec. 2011	1. jan. - 31. dec. 2012	1. jan. - 31. dec. 2013	1. jan. - 31. dec. 2014	1. jan. - 31. dec. 2015
Grænser for tilbagebetaling til momsregistrerede varmeproducenter	kr./GJ fjernvarme ab værk	45,9	46,7	47,5	48,4	49,3	50,1
Grænser for tilbagebetaling til momsregistrerede varmeproducenter	øre/kWh fjernvarme ab værk	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,1

Det bemærkes, at der også er sket en ændring af elforsyningsloven, som indebærer, at el, der anvendes til fremstilling af varme, friholdes for PSO-pristillæg. For at opnå fritagelse for PSO skal ejeren anmelde anlægget til Energinet.dk. Energistyrelsen og Energinet.dk er ansvarlige for administrationen af denne ordning.

Uddrag af gældende lovgivning om afgiftsfritagelse for elkedler

Lov nr. 722 af 26. juni 2010 (Lov om ændring af lov om afgift af elektricitet m.v.)

4. § 11, stk. 17, affattes således:

»Stk. 17. Momsregistrerede varmeproducenter, der leverer varme uden samtidig produktion af elektricitet til de kollektive fjernvarmenet eller lignende fjernvarmenet, kan få tilbagebetalt en del af afgiften af forbrug af afgiftspligtige varer anvendt til fremstilling af varme til de samme kollektive fjernvarmenet eller lignende fjernvarmenet, som værkernes kraft-varme-kapacitet vedrører, hvis den momsregistrerede virksomhed er et værk, som 1) har kraft-varme-kapacitet efter stk. 18 eller 2) havde kraft-varme-kapacitet efter stk. 18 den 1. oktober 2005 eller 3) er omfattet af bilag 1 til lov om energiafgift af mineralolieprodukter m.v. Den del af afgiften, der overstiger 50,1 kr. pr. GJ varme ab værk (2015-niveau) eller 18,1 øre pr. kWh varme ab værk (2015-niveau), tilbagebetales. Såfremt der ved fremstillingen af varme anvendes både afgiftspligtig elektricitet efter denne lov og andre brændsler eller energikilder, nedsættes de 50,1 kr. pr. GJ varme ab værk (2015-niveau) eller 18,1 øre pr. kWh varme ab værk (2015-niveau) forholdsmæssigt. I perioden 2010-2014 er satserne nævnt i 2. og 3. pkt. som anført i bilag 5. Satserne nævnt i 2. og 3. pkt. reguleres efter § 32 a i lov om energiafgift af mineralolieprodukter m.v. Det er en betingelse for tilbagebetalingen, at virksomheden også udnytter muligheden for at få tilbagebetaling af afgift for den samme varme efter § 7, stk. 7, i lov om kuldioxidafgift af visse energiprodukter.«

Lov om afgift af elektricitet:

§ 11, Stk. 18. 17) Virksomheden har kraftvarmekapacitet, hvis 100 pct. af varmelieferancen i mindst 75 pct. af året kan dækkes af kraftvarmeenheden. Mindst 25 pct. af produktionen af elektricitet og varme i kraftvarmeenheden skal udgøres af elektricitet. Dette skal kunne dokumenteres på forlangende over for told- og skatteforvaltningen.

Uddrag fra elforsyningsloven:

§ 9 a. En virksomhed, som producerer fjernvarme på et kraft-varme-værk eller på et fjernvarmeværk, som den 1. oktober 2005 var indrettet til kraft-varme-produktion, betaler ikke beløb til dækning af omkostninger til offentlige forpligtelser efter § 8, stk. 2 og 3, for det elforbrug, som medgår til at producere fjernvarme til forbrugere ved hjælp af elektricitet.

1.2. Forskrifter & litteratur

For udarbejdelsen af denne vejledning er følgende forskrifter og litteratur anvendt.

1.2.1. Forskrifter

De tekniske forskrifter og bekendtgørelser, herunder systemdriftsforskrifterne, udgør sammen med markedsforskrifterne det ikke-diskriminerende regelsæt, som aktører skal opfylde:

- [1] Forskrift D1 "Afregningsmåling og afregningsgrundlag"
- [2] Forskrift D2 "Tekniske krav til elmåling"
- [3] Teknisk Forskrift TF 5.8.1 "Måleforskrift til systemdriftsformål"
- [4] Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 2
- [5] Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 5

1.2.2. Litteratur

- [6] *Jordfejlindikering i slukkespolejordede og isolerede 10 – 20 kV net*, DEFU rapport KR 68, 1991
- [7] S.Vørts, *Elektriske fordelingsanlæg*, Polyteknisk Forlag, 1968
- [8] Elektrodedler: Zander & Ingeström AB, ZETA Hot Water boilers, (forhandles i DK) <http://www.zeta.se/boilers-pannor/zeta-hot-water-boilers>
- [9] Elektrodedler: Cleaver-Brooks and ACMETHERM, Informativt materiale (ej CE mærket) <http://www.cbboilers.com/electrodeboiler.htm>
- [10] Elektrodedler: Parat Halvorsen A/S, (forhandles i DK) <http://www.parat.no/?vis=artikel&fid=7246&id=2605200912521026054&magasin=ja>
- [11] Elektrodedler: Precision Boilers, Informativt materiale (ej CE mærket) <http://www.precisionboilers.com/electric.asp>

1.2.3. Aftaler, vejledninger og notater

- [12] *Aftale om tilslutning af elkedel mellem anlægsejer og netvirksomhed*, Dansk Energi
- [13] *10 kV elkedler med direkte opvarmning af vandet*, Hans J. Jørgensen, Dansk Energi 10/98
- [14] PowerPoint præsentation ved temadag 31/5 2010 *Regulerkraft. Nettilslutning af elkedler*, Stefan Frendrup Sørensen, Dansk Energi
- [15] PowerPoint præsentation ved temadag 31/5 2010 *Regulerkraft. Måling og afregning ved regulerkraft*, Preben Høj Larsen, Energinet.dk
- [16] PowerPoint præsentation ved temadag 31/5 2010 *Regulerkraft. Hvordan løses opgaven i praksis*, Jan Emil Andersen, Energi Midt

1.2.4. Love og bekendtgørelser

- Afgiftssatser (... elpatronordning) lov nr. 722 af 26/6-2010
- Energi- og CO₂-afgiftslov nr. 1417 af 21/12-2005
- Bekendtgørelse BEK 1327 af 30/11-2007
- Bekendtgørelse om indtægtsrammer BEK 1227 af 10/12-2009
- Fritagelse for PSO BEK 324 28/4-2009

2. Nettilslutning – vilkår for etablering

Vilkårene for etablering af elkedler skal som nævnt i indledningen opfattes som tilslutning af en "almindelig" forbruger, dvs. normale tilslutningsbestemmelser, tilslutningsbidrag og tariffer gældende for forbrug.

En elkedel i et kraftvarmeværk kan under visse betingelser tilsluttes på særligt favorable vilkår, såfremt der ikke lægges omkostninger over på andre kundegrupper, når der gøres brug af en eksisterende og eventuelt midlertidig ledig kapacitet i nettet og dermed en nettilslutning med en begrænset netadgang.

Nettilslutning af elkedler kan således opdeles i 2 kategorier;

- a) Nettilslutning med fuld netadgang
- b) Nettilslutning med begrænset netadgang

Den planlagte anvendelse af elkedlen kan betinge, at en begrænset netadgang ikke er tilstrækkelig. Kontraktuelle forhold mellem kraftvarmeværket og eventuelle balanceansvarlige aktører er netvirksomheden uvedkommende. Netvirksomheden skal udelukkende forholde sig til, om elkedlen skal nettilsluttes med fuld netadgang, eller om ejeren kan tilbydes en nettilslutning med begrænset netadgang [12].

2.1. Nettilslutning med fuld netadgang

Tilslutning af elkedel uden vilkår om afbrydelighed behandles som andre nye elforbrugere, dvs. der opkræves normal netbetaling og et tilslutningsbidrag – uanset nettets nuværende reserver. Dog kan der kun beregnes et tilslutningsbidrag fra det punkt i nettet, hvor kraftvarmeværket er tilsluttet det øvrige net.

En elkedel vil typisk være tilsluttet i installationen på et decentralt kraftvarmeværk eller på et fjernvarmeværk. Tilslutningsniveauet (A, B eller C) er afgørende for det tilslutningsbidrag netvirksomheden kan opkræve ved nettilslutning. Tilslutningsbidragets størrelse er bestemt ved de priser som netvirksomheden har anmeldt til Energitilsynet.

For A niveau anvendes de aktuelle omkostninger eller en gennemsnitsbetragtning. Under de faktiske omkostninger indgår typisk udgifter til kabelfelt, transformerudvidelse og eventuelt omkostninger til udvidelse af det overliggende 50-60 kV net. Ved gennemsnitsbetragtningen kan der beregnes en gennemsnitspris pr. kVA for udvidelse af en eksisterende 132-60-50/10-20 kV station med ny transformereffekt (se afsnit 5 i "Model til beregning af tilslutningsbidrag, Juni 2008"). Heri står følgende beskrevet.

Uddrag af ”Model til beregning af tilslutningsbidrag”

5. Beregning af tilslutningsbidrag. A-niveau

A-kunders tilslutningsbidrag følger ikke metoden skitseret ovenfor.

Ved nyttilslutning betaler kunden enten de faktiske udgifter ved tilslutningen eller ud fra en gennemsnitsbetragtning afhængig af den konkrete situation. Der fastsættes i forbindelse med A-kunder en maksimal belastning i kVA.

Ved overskridelse af maksimalbelastningen opkræves et tilslutningsbidrag for differencen mellem den aftalte maksimale effekt og den målte (differencen måles i kVA). Den maksimale belastningsgrænse udvides herved op til den nye målte, maksimale effekt. Tilslutningsbidraget i kr./kVA beregnes som en gennemsnitspris pr. kVA for udvidelse af en eksisterende 60/10 kV transformerstation med ny transformereffekt.

Af hensyn til afregning af energiafgifter, energi samt netbetaling, skal der etableres separat energimåling på elkedlen.

Årlige betalinger som abonnement og nettarif fastsættes efter netvirksomhedens anmeldte priser. **Særlige tilslutningsforhold som f.eks. manglende netadgang under N-1 kriterium, særlige tariffer, mm. bør nedskrives i en tilslutningsaftale, der anmeldes til Energitilsynet.**

2.1.1. Rådighedsbetaling til 50-60 kV nettet

Det skal bemærkes, at en elkedel kan forventes at have et lavere antal fuldlast timer end øvrige industrikunder. Baseres betalingen til 50-60 kV nettet udelukkende på energiaftaget i det underliggende net, kan elkedlens bidrag være utilstrækkelig i forhold til de omkostninger denne påfører 50-60 kV nettet. Netvirksomhederne kan derfor opkræve en rådighedsbetaling for de kapacitetsomkostninger i 50-60 kV nettet, som elkedlen fører med sig, men som ikke vil blive dækket over tid ved den almindelige nettarif.

Rådighedsbetalingen kan opkræves som en årlig betaling, eller eventuelt som et tilslutningsbidrag til 50-60 kV nettet. Såfremt ejerskab af 50-60kV nettet tilgår en anden netvirksomhed, søges rådighedsbetalingen for drift og vedligehold aftalt mellem de involverede netvirksomheder.

Årlig rådighedsbetaling:

Opkræves rådighedsbetalingen som en årlig betaling, kan denne opgøres efter en effekttarif. Effekttariffen udregnes ud fra nettariffen til 50-60 kV nettet, det samlede energiaftag og det samlede leveringsomfang for industrikunder tilsluttet på samme niveau. Rationalet er, at kundekategorien ’elkedler’ skal bidrage til 50-60 kV nettet på lige vilkår med øvrige kunder tilsluttet på samme niveau.

Effekttariffen kan beregnes efter følgende formel:

$$q = Q \cdot \left(\frac{\sum_{Kundegruppe} W}{\sum_{Kundegruppe} L} - \tau_{el-kedel} \right)$$

hvor

q	[kr/MW]	Effekttarif for el - kedel
Q	[kr/MWh]	Nettarif for 50 - 60 kV net
W	[MWh]	Energiaftag for kunde i given kundegruppe
L	[MW]	Leveringsomfang for kunde i given kundegruppe
τ	[h]	Forventet antal fuldlasttimer for el - kedel

Har netvirksomheden ingen, eller kun meget få, kunder på A-niveau, kan netvirksomheden inddrage det samlede energisalg og leveringsomfang for kunder på B1, eventuelt B2 niveau, i ovenstående formel.

Vælger netvirksomheden ikke at opkræve den sædvanlige nettarif for 50-60 kV nettet af elkedlens forbrug, kan sidste led $\tau_{elkedel}$ undlades, og det årlige bidrag til 50-60 kV nettet betales alene over effekttariffen.

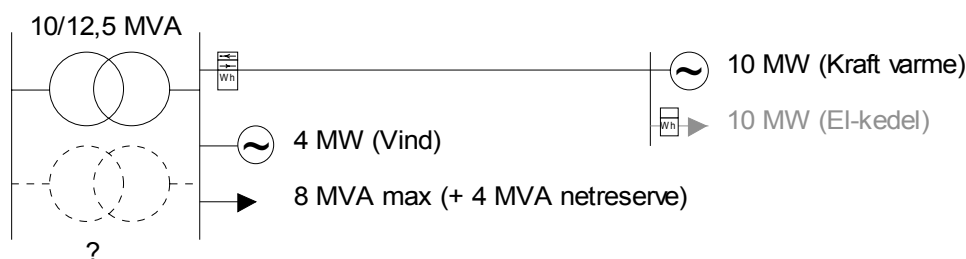
Tilslutningsbidrag til 50-60 kV nettet:

Vælger netvirksomheden at dække kapacitetsomkostningerne i 50-60 kV ved en engangsbetaling ved nettilslutning (tilslutningsbidrag til 50-60 kV nettet), bør tilslutningsbidraget beregnes ud fra en gennemsnitspris pr. MVA for udvidelse af 50-60 kV nettet. I dette tilfælde skal der ikke afregnes sædvanlig nettarif af elkedlens forbrug, da denne blandt andet omfatter afskrivning af anlæg, som elkedlen allerede har betalt for.

2.1.2. Eksempel 1

Et kraftvarmeværk ønsker at få tilsluttet en elkedel på 10 MW med fuld netadgang. Kraftvarmeværket er nettilsluttet på A2 niveau på en transformerstation med en 10/12,5 MVA transformer med yderligere 4 MW vindkraft og 8 MVA belastning tilsluttet. Stationen skal derudover kunne yde 4 MVA i netreserve ved havari på nabostation.

Elkedlens belastning kan overføres med det eksisterende tilslutningskabel, og i det pågældende tilfælde er der udelukkende behov for en udvidelse af transformerkapaciteten på transformerstationen.



Figur 2-1: Eksempel 1 - Et kraftvarmeværk ønsker at få tilsluttet en elkedel på 10 MW med fuld netadgang.

Da anlægsejeren ønsker fuld netadgang, afkræves han almindeligt tilslutningsbidrag som A2 kunde uden skelen til, om der allerede findes den nødvendige transformerkapacitet på stationen. Betalingen til 50-60 kV nettet opkræves i dette tilfælde som den almindelige nettarif plus en årlig rådighedsbetaling.

Tilslutningsbidraget beregnes ud fra en gennemsnitsbetragtning for udvidelse af kapaciteten på en eksisterende transformerstation.

Transformer 10/12,5 MVA	2.750.000	kr.
Transformerfelt	950.000	kr.
I alt	3.700.000	kr.
I alt pr. MVA	296.000	kr./MVA

Bemærk! Ovenstående priser er kun et eksempel. Netvirksomheder skal anvende deres egne priser ved beregning af tilslutningsbidraget.

I eksemplet opkræves anlægsejeren altså et tilslutningsbidrag på i alt kr. 2.960.000,-. Netvirksomheden kan i dette tilfælde vælge at udskifte den eksisterende transformer til en 16/20 MVA eller opstille endnu en 10/12,5 MVA transformer på stationen.

Rådighedsbetalingen beregnes ud fra følgende nøgletal:

Nettarif for 50/60 kV nettet	= 17 kr/MWh
Totalt forbrug blandt A kunder	= 55.000 MWh om året
Totalt leveringsomfang for A kunder	= 35 MW
Forventet antal fuldlasttimer for elkedel	= 200 timer

Effekttariffen kan altså beregnes til

$$q = Q \cdot \left(\frac{\sum_{Kundegruppe} W}{\sum_{Kundegruppe} L} - \tau_{el-kedel} \right) = 17 \cdot \left(\frac{55.000}{35} - 200 \right) = 23.314 \text{ kr/MW}$$

Den årlige rådighedsbetaling for en 10 MW elkedel andrager altså i udgangsåret kr. 233.140,-. Rådighedsbetalingen vil følge udviklingen i nettariffen for 50-60 kV nettet.

Kalkulationerne i eksemplet kan også anvendes ved mindre elkedler, der ikke medfører investeringer i nettet. En elkedel på 1 MW kan således tilsluttes uden omkostninger for netvirksomheden: Anlægssejeren skal i dette tilfælde betale et tilslutningsbidrag på kr. 296.000,- og en årlig rådighedsbetaling til 50-60 kV nettet på kr. 23.314,-.

Det kan overvejes at foretage en årlig genberegning af rådighedsbetalingen ud fra det faktiske antal fuldlasttimer det foregående år.

NB: Det bemærkes, at indtægtsrammerne for netvirksomheden (netvirksomhederne) kun påvirkes som følge af et større energisalg eller en eventuel nyinvestering, der falder inden for bekendtgørelsen om indtægtsrammer (pt. BEK 1227 fra december 2009 § 2 nr. 18).

2.2. Nettilslutning med begrænset netadgang

Hvor de faktiske forhold i nettet gør det muligt at tilslutte og drive en elkedel af en given størrelse, uden at dette giver anledning til væsentlige netforstærkninger, kan den lokale netvirksomhed vælge at tilbyde tilslutning med begrænset netadgang og med et særligt lavt tilslutningsbidrag.

Præmissen er, at en sådan tilslutning vil ske uden meromkostninger for nettets øvrige kunde-grupper. Dette gælder både på tidspunktet for nettilslutningen og i fremtiden. En sådan tilslutning vil kunne indebære automatisk og manuel bortkobling af elkedlen samt et leveringsomfang, der uden varsel kan reduceres af netvirksomheden med fuld økonomisk risiko for ejeren af elkedlen.

Det skal pointeres, at dette er en favorisering af afbrydelige elkedler i forhold til nettets øvrige kunder, idet disse ikke tilbydes en begrænset netadgang til et reduceret tilslutningsbidrag.

Nettilslutningen vil omfatte en begrænsning i netadgangen, der enten kan være aktuel allerede ved nettilslutning eller blive aktuel i fremtiden.

To kategorier kan i princippet forekomme:

- 1) Under maksimal belastning og normal kobling kan elkedlens maksimale effekt leveres i tilslutningspunktet uden overskridelse af nettes belastnings- og spændingsgrænser.
- 2) Under maksimal belastning og normal kobling vil elkedlens effektaftag bevirke overskridelser af nettes belastningsgrænser og/eller spændingsgrænser.

Elkedler, der tilsluttes som kategori 1, kan, grundet stigninger i nettets belastning eller ombygninger i nettet, ende i kategori 2. Ejeren af elkedlen bærer det fulde økonomiske ansvar herfor.

Fælles for kategori 1 og 2 er:

- a) Den økonomiske risiko ved begrænsninger i netadgangen bæres fuldt og helt af ejeren af elkedlen. Det gælder samtlige direkte og indirekte tab, som ejeren måtte lide, herunder (men ikke begrænset til) tab ved manglende varmeproduktion, ubalance i afregning og tab ved manglende rådighed og levering af reguleringsreserver.
- b) Netvirksomheden kan på tidspunktet for nettilslutningen give et overslag over det antal timer om året, som leveringsomfanget kan forventes at være tilgængeligt for elkedlen. Netvirksomheden kan på ingen måde gøres ansvarlig for, at dette timetal overholdes, og ejeren af elkedlen bærer det fulde økonomiske ansvar for begrænsninger i netadgangen.
- c) Samtlige omkostninger til elnettet, kontrolsystemer, målesystemer og datakommunikation skal dækkes af ejeren af elkedlen. Der træffes aftale mellem ejeren og netvirksomheden om ejerskab og drift af disse anlæg efter elkedlens etablering.
- d) Tilslutningen må ikke udløse udækkede investeringer til netforstærkninger i det lokale eller det overliggende net.
- e) Der skal kunne etableres manuel - og eventuelt automatisk - udkobling af elkedlen fra netvirksomhedens fjernkontrol. Elkedlens kontrolsystem skal være udformet således, at et negativt eller et manglende signal fra fjernkontrollen vil udkoble elkedlen og blokere for ind-

kobling af elkedlen. Kan elkedlens effektaftag reguleres, kan der med fordel etableres en styring der nedregulerer effekten på elkedlen, frem for en total udkobling, såfremt der ikke er plads til elkedlens nominelle effektaftag i tilslutningspunktet.

- f) Der skal etableres særskilt måling af elforbruget i elkedlen.
- g) Der skal etableres online måling på elkedlen, der er tilgængelig i netvirksomhedens fjernkontrol. Anvendes en elkedel med 'ikke regulerbar effekt', kan målingen erstattes med en fjernindikering af drift/ikke drift. Hvis det er muligt, kan onlinemålingen erstattes af effektmåling på 10 kV afgangsfelt (A2 kunde).

For kategori 2 gælder endvidere:

- h) at elkedlens mærkeeffekt vil overstige den - under normal drift - ledige kapacitet. Nettilslutning kan da kun gennemføres, hvis der kan etableres automatisk udkobling af elkedlen, eller effektbegrænsning, baseret på onlinemålinger på de netkomponenter, der entydigt kan identificeres som værende de begrænsende i enhver belastningssituation under normal koblingstilstand.
- i) Er den ledige kapacitet betinget af en given mængde decentral produktion i nettet, kan der etableres automatisk blokering af elkedlen fra netvirksomhedens fjernkontrol, såfremt denne decentrale produktion ikke er tilstrækkelig.
- j) Reduceres den ledige kapacitet som følge af omlægninger i nettet, ombygninger i nettet, nye forbrugere, eller en generel belastningsstigning, vil den effekt som elkedlen kan aftage enten blive tilsvarende reduceret, eller elkedlen vil ikke længere kunne anvendes, uden at der betales ordinært tilslutningsbidrag for elkedlens effektaftag.

2.2.1. Frekvensaflastning

Det må formodes at ejeren af en elkedel der er tilsluttet med begrænset netadgang er i stand til at producere den nødvendige varme på andre enheder i det tilfælde at elkedlen udkobles af netvirksomheden. Omkostningerne ved udkobling af elkedler med begrænset netadgang i forbindelse med frekvensaflastninger vil derfor være lav i forhold til udkobling af andre kunder. Det vil således være en fordel at udkoble sådanne elkedler på frekvensaflastningens trin 1. Netvirksomheden bør dog tage højde for, at elkedlerne kan have meget varierende driftsmønstre og en lav benyttelsestid.

2.2.2. Aftale og betaling

Følgende aftaler og betalinger kan komme på tale mellem ejeren af elkedlen og netvirksomheden:

Aftale:

De særlige tilslutningsforhold vedrørende netadgang, særlige tariffer, mm. skal nedskrives i en tilslutningsaftale, **der anmeldes til Energitilsynet**. Netvirksomheden bør foretage en gennemregning af omkostninger og muligt driftsmønster for at få overblik over hver enkelt nettilslutning. Usikkerheden om netadgangens omfang nu og i fremtiden skal gøres klart for kunden og ind-

skrives i tilslutningsaftalen. I samme tilslutningsaftale indskrives, at det er kunden, der bærer det fulde økonomiske tab ved manglende netadgang for elkedlen.

Betalinger:

Netvirksomheden kan opkræve et beløb til dækning af netvirksomhedens udgifter til

- eventuelle investeringer i nettet,
- investering i fjernkontrolsystem,
- etablering af eventuelle online målinger og fjernoverføring af måledata til netvirksomhedens driftscentral
- sagsbehandling og projektering¹.

Elkedlens ejer bekoster selv lokal kontroludrustning, målertavle, interface til netvirksomhedens fjernkontroludstyr og kommunikationskanaler.

Abonnementsbetaling dækker normalt måling, inkl. afskrivning og forrentning af måler og måleudstyr, afregning, drift af lavspændingsnettet (ikke hos alle netvirksomheder) og øvrige faste omkostninger ved at have kunden tilsluttet. Abonnementsbetaling for elkedler kan tage udgangspunkt i tariffen pr. måler for en normal A- eller B-kunde, eventuelt tillagt særlige omkostninger til driftsovervågning.

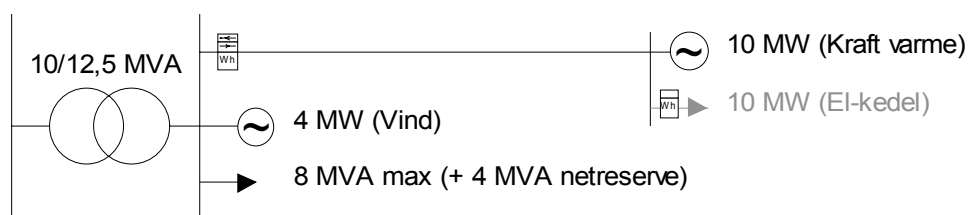
Energibetalingen i form af en betaling pr. forbrugt kWh kan baseres på den normale nettarif for det spændingsniveau, som elkedlen er tilsluttet. Netvirksomheden kan overveje at udforme en særlig nettarif for elkedler, som i så fald skal anmeldes til Energitilsynet.

2.2.3. Eksempel 2

Et kraftvarmeværk ønsker at få tilsluttet en elkedel på 10 MW med begrænset netadgang. Kraftvarmeværket er indforstået med, at netvirksomheden til enhver tid kan blokere for elkedlens drift. Kraftvarmeværket er nettilsluttet på A2 niveau på en transformerstation med en 10/12,5 MVA transformer med yderligere 4 MW vindkraft og 8 MVA belastning tilsluttet. Stationen skal derudover kunne yde 4 MVA i netreserve ved havari på nabostation.

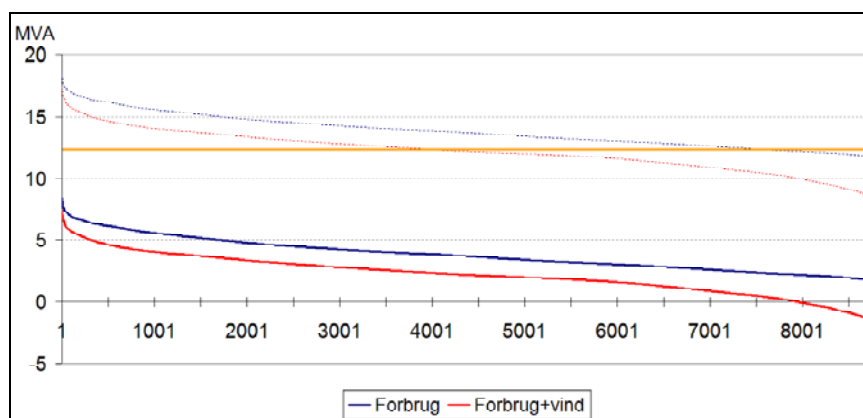
Elkedlens belastning kan overføres med det eksisterende tilslutningskabel, og i det pågældende tilfælde er det udelukkende transformerkapaciteten på transformerstationen, der er begrænsende for elkedlens drift.

¹ Netvirksomhedens omkostninger til sagsbehandling er normalt inkluderet i tilslutningsbidraget. Netvirksomheden kan vælge at opkræve et beløb til at dække netvirksomhedens omkostninger til projektering og sagsbehandling af nettilslutninger med begrænset netadgang. Dette gælder også henvendelser hvor kunden i sidste ende vælger ikke at opføre elkedlen.



Figur 2-2: Eksempel 2 - Et kraftvarmeværk ønsker at få tilsluttet en elkedel på 10 MW med begrænset netadgang.

På nedenstående figur er varighedskurven for belastningsstrømmen gennem transformeren afbilledet. Den blå kurve angiver det rene forbrug, den røde angiver forbruget sammen med produktionen på vindmøllerne. De stiplede linjer angiver samme varighedskurver, tillagt en belastning på 10 MW til elvarmepatronen.



Figur 2-3: Eksempel 2 - varighedskurven for belastningsstrømmen gennem transformeren.

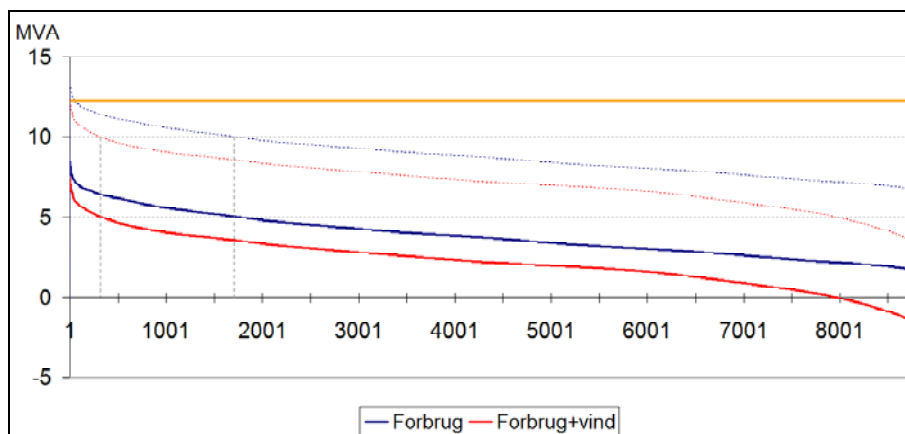
Af kurverne ses det, at der - med det forbrug og den produktion, der er registreret på vindmøllerne i et givet år - er plads til elkedlens forbrug i godt 50 % af årets timer, såfremt der anvendes tvangskøling på transformeren. Ses der bort fra aflastningen fra vindmøllerne, eller accepteres der ikke tvangskøling af transformeren, er det kun i ca. 10 % af årets timer, at elkedlen kan anvendes. Elkedlen falder altså ind under kategori 2 i ovenstående gruppering.

Netvirksomheden kan som eksempel tilbyde anlægsejeren følgende muligheder:

- 1) Nettilslutning af en elkedel på op til 5 MW med begrænset netadgang.
- 2) Nettilslutning af en elkedel på op til 10 MW, hvor anlægsejeren betaler almindeligt tilslutningsbidrag for de første 6 MW, og netvirksomheden udvider transformerkapaciteten tilsvarende.

ad 1) Tilslutning af elkedel på op til 5 MW

Elkedlen tilsluttes med begrænset netadgang. Jævnfør nedenstående varighedskurver, kan der på installationstidspunktet forventes en blokering for elkedlens drift på mellem 1700 timer og 300 timer om året, afhængigt af produktionen på vindmøllerne. Netvirksomheden tillader i dette tilfælde ikke, at transformersens ekstra belastningsevne ved tvangskøling anvendes af elkedlen.



Figur 2-4: ad 1) - varighedskurven for belastningsstrømmen gennem transformeren.

Anlægssejeren afholder ved nettilslutningen følgende omkostninger:

- Elkedel med tilhørende udstyr og bygninger.
- Lokal RTU-enhed til fjernkontrol af elkedlen og hjemtagelse af online målinger.
- Kommunikationsforbindelse til netvirksomhedens fjernkontrol (etablering og drift).
- Etablering af det nødvendige antal målesteder.

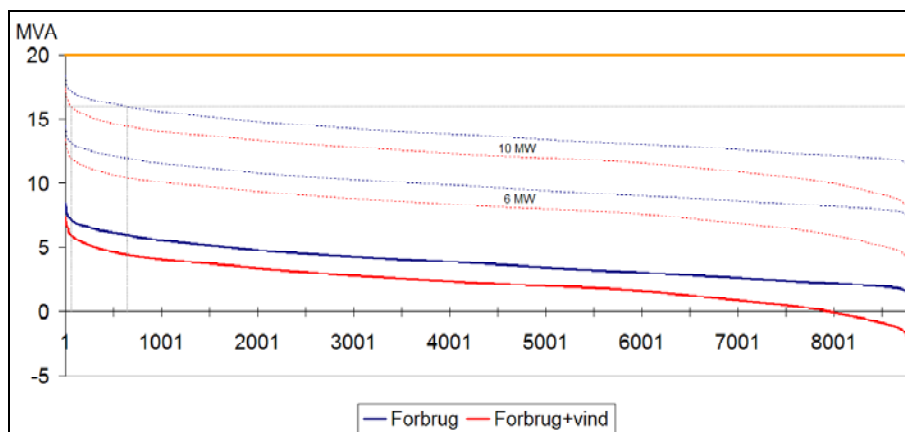
Anlægssejeren betaler endvidere følgende ydelser fra netvirksomheden:

- Separat energimåling på elkedlen til afregning af afgifter (etablering og drift).
- Drift af elmåler på 10 kV afgang (dækkes normalt af kraftvarmeværkets abonnement for afregningsmåling).
- Nettetarif der dækker tab i transformer. De marginale energitab i tilslutningsledningen bliver dækket 100 % af anlægssejeren, da installationens energiafregnes efter måleren i 60/10 kV stationen. Måleren på elkedlen anvendes til beregning af energiafgifter for elkedlen.
- Etablering af automatisk udkobling og/eller manuel kontrol af elkedel, samt præsentation af online målinger i netvirksomhedens fjernkontrollsystem.
- Netvirksomhedens omkostninger til sagsbehandling og projektering.

ad 2) Tilslutning af elkedel på 10 MW (4 MW med begrænset netadgang)

Der tilsluttes en regulerbar elkedel på 10 MW, hvor de 6 MW tilsluttes med fuld netadgang, og de 4 MW tilsluttes med begrænset netadgang. I forbindelse med nettilslutningen udskifter netvirksomheden transformeren til en 16/20 MVA transformer. Opgraderingen med 6 MVA betales af anlægssejeren.

Jævnfør nedenstående varighedskurver kan der på installationstidspunktet forventes en blokering for elkedlens drift på op til ca. 600 timer om året, afhængigt af produktionen på vindmøllerne. Netvirksomheden tillader i dette tilfælde ikke, at transformerens ekstra belastningsevne ved tvangskøling anvendes af elkedlen.



Figur 2-5: ad 2) - varighedskurven for belastningsstrømmen gennem transformeren.

Anlægsejeren afholder ved nettilslutningen følgende omkostninger:

- Tilslutningsbidrag for 6 MW som A2 kunde, se eksempel 1.
- Elkedel med tilhørende udstyr og bygninger.
- Lokal RTU-enhed til fjernkontrol af elkedlen og hjemtagelse af online målinger.
- Kommunikationsforbindelse til netvirksomhedens fjernkontrol (etablering og drift).
- Etablering af nødvendige målesteder.

Anlægsejeren betaler endvidere følgende ydelser fra netvirksomheden:

- Separat energimåling på elkedlen til afregning af afgifter (abonnement).
- Drift af elmåler på 10 kV afgang (dækkes normalt af kraftvarmeværkets abonnement for afregningsmåling).
- Nettarif der dækker tab i transformer. De marginale energitab i tilslutningsledningen bliver dækket 100 % af anlægsejeren, da installationen energiafregnes efter måleren i 60/10 kV stationen. Måleren på elkedlen anvendes til beregning af energiafgifter for elkedlen.
- Etablering af automatisk udkobling og/eller manuel kontrol af elkedel, samt præsentation af online målinger i netvirksomhedens fjernkontrollsystem.
- Netvirksomhedens omkostninger til sagsbehandling og projektering.

2.2.4. Eksempel 3

Et tredje eksempel ligger mellem kategori 1 og 2, altså hvor varmeværket betaler direkte omkostninger til forstærkning af identificerede begrænsende komponenter, men stadig får hele tilslutningen på begrænset netadgang. Det giver et større råderum til at finde en økonomisk acceptabel løsning.

2.3. Særlige forhold ved elkedler anvendt til reguleringsreserve

Som nævnt i indledningen skal netvirksomheden udelukkende forholde sig til, om ejeren af elkedlen ønsker denne tilsluttet med fuld netadgang, eller om der kan tilbydes nettilslutning med begrænset netadgang [12]. Om elkedlen anvendes til opvarmning af fjernvarmevand i perioder med lave el-priser, eller om dens kapacitet sælges som nedreguleringsreserve - eller en kombination af de to - er netvirksomheden uvedkommende.

I kontrakten med ejeren af elkedlen kan det dog være nyttigt, at netvirksomheden er opmærksom på følgende:

Vælger ejeren af elkedlen at sælge elkedlens kapacitet til en balanceansvarlig eller Energinet.dk som ned-reguleringsreserve, er ejeren forpligtet til at levere reguleringsydelsen til Energinet.dk i alle de timer, ejeren får betaling for at stå til rådighed. Der kan ikke længere indgås aftaler direkte med Energinet.dk; aftalen skal udarbejdes sammen med FBA'en. Manglende levering er en misligholdelse af kontrakten med Energinet.dk. Dette gælder uanset årsagen til udkoblingen, og altså også hvis en elkedel med begrænset netadgang udkobles af netvirksomheden.

Der findes forskellige "grader" af misligholdelser/konsekvenser, men som minimum mister ejeren rådighedsbetalingen, hvis han ikke står til rådighed. Byder ejeren ind i timer, hvor han ved - eller burde vide - at han ikke kan levere, vil Energinet.dk kunne kræve, at han dækker deres omkostninger til erstatningskøb.

Eventuel manglende levering er et forhold mellem Energinet.dk og FBA'en. Hvorledes FBA'en indgår sine aftaler med elkedel-ejerne, blander Energinet.dk sig ikke i. Energinet.dk er populært sagt lige glade med, om nedreguleringen kommer fra en elkedel, der sættes i drift eller en gasmotor, der stoppes. Denne "drifts" beslutning ligger hos FBA'en – og det er dem, der har ansvaret over for Energinet.dk, hvis de ikke kan levere det, de har lovet.

Ejeren skal altså vurdere fordele og ulemper ved de forskellige tilslutningsformer og træffe sit valg på dette grundlag. Til brug for ejerens vurderinger bør netvirksomheden kunne oplyse, hvor store begrænsninger der kan forventes i netadgangen, og eventuelt om det er muligt at varsle begrænsninger på forhånd.

Elkedler med begrænset netadgang vil dog typisk blive indmeldt i regulerkraftmarkedet af en balanceansvarlig aktør. Elkedlen kan således indgå i en pulje af elkedler, hvor ikke alle på et givet tidspunkt har fuld adgang til nettet. Den balanceansvarlige aktør påtager sig i denne situation forpligtelsen om ikke at indmelde mere effekt i regulerkraftmarkedet end aktøren råder over med de aktuelle begrænsninger i netadgangen for de individuelle elkedler.

3. Nettilslutning – tekniske aspekter

Elkedler kan igen opdeles i to typer/kategorier, hvor deres overgangsmodstand til jord er den vigtigste forskel:

Elpatron:

Elkedler kan være konstrueret med en elpatron (dyppekoger) til opvarmning af fjernvarmevandet, hvor effekten afsættes i et varmelegeme, der er nedsænket i vand. De spændingssatte eller strømførende dele er elektrisk isoleret fra vandet og således højimpedanset i forhold til jord:

$$Z_{\text{jord}} \rightarrow \infty \text{ Ohm}$$

Disse findes kun til nettilslutning på 400V eller 690V.

Elektrodekedel:

I elektrodekedlen opvarmes fjernvarmevandet via en varmeveksler, der forsynes med varmt vand fra en sekundær kreds. I den sekundære kreds er spændingssatte og uisolerede elektroder nedsænket i en strømførende væske (vand med salte). Væsken opvarmes ved, at der løber strøm i væsken mellem elektroderne. For at opnå en høj overgangsmodstand mellem elektroderne og jord, er kedlen opsat på isolerede ben, og der er indsat isoleringsstykker i rørføringen mellem kedlen og varmeveksleren. Den ledende væske udgør imidlertid en høj-ohms-shunt over isoleringsstykkerne, hvorved der vil optræde en endelig overgangsmodstand til jord.

$$YY < Z_{\text{jord}} < XX \text{ Ohm}$$

Eksempel på en udførelse af elektrodekedler er vist i [8, 9, 10, 11].

Elektrodekedlen vil typisk være direkte tilsluttet 10-20 kV nettets tre faser. Ved usymmetri i fasespændingerne eller usymmetri i impedans mellem elektroderne vil der optræde en spænding over kedlens metaldele og jord. Der vil således løbe en lækstrøm, hvis størrelse er afhængig af nulspændingens størrelse og overgangsmodstanden til jord. Lækstrømmen vil typisk andrage sin maksimale størrelse under en jordfejl i 10-20 kV nettet.

Hvilke tekniske aspekter der skal/bør indgå i dimensionering og beskyttelse vil fremgå af de efterfølgende afsnit.

3.1. Effektgradienter

En elkedels størrelse kan bevirke, at der ved nettilslutning skal rettes særlig fokus på spændingskvaliteten i nettet ved ind- og udkobling af elkedlen. Netkunden må - i henhold til netbenyttelsesaftalens kapitel 4.5 og fællesregulativet stk. 17 - ikke påføre andre kunder utilladelige forstyrrelser. For store elkedler kan en trinvis ind-/udkobling (ramping), der bevirker at viklingskoblere på transformeren i hovedstationen kan nå at regulere spændingen op/ned i takt med belastningsændringen, være en priseffektiv løsning. Af tekniske årsager kan elektrodekedlen dog aldrig starte med nul effekt.

Kan elkedlen styres/reguleres kontinuerligt, vil det være ønskeligt, at netvirksomheden har muligheden for trinvis nedjustering af kedlen, eller endnu bedre; er medbestemmende på indstillingen af effektgradienten.

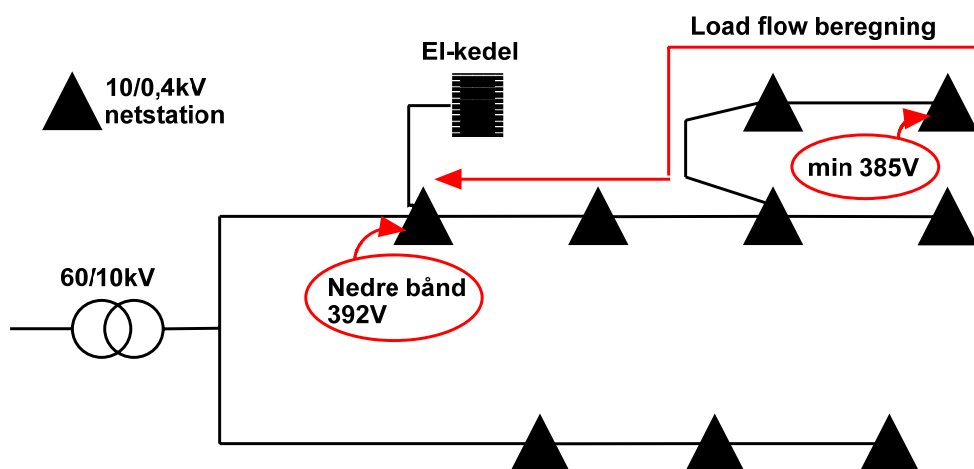
3.2. Spændingsfald

Ligeledes kan der for en elkedel tilsluttet med begrænset netadgang sættes "spændingsbånd" for, hvornår elkedlen må være tilsluttet eller ej. Det skal igen forstås på den måde, at netkunden i henhold til netbenyttelsesaftalen ikke må påføre andre kunder utilladelige forstyrrelser i form af for høje spændingsfald.

"Spændingsbåndene" kan defineres ud fra høj- og lavlast situationer, hvor spændingsændringen ved til- eller frakobling højst må afvige +/- 4 %. Ved hjælp af belastningsfordelingsberegninger (loadflow-beregninger) vil spændingsbåndene normalt kunne fastsættes.

Eksempel:

Spændingsniveauet ved højlast er ved den "fjerneste" transformerstation målt til 385 V. Ved tilkobling af en elkedel i størrelsesordenen 6 MW, vil spændingen falde til under 365 V i den fjerneste transformerstation. Dette anses for et uacceptabelt spændingsniveau, hvorfor elkedlen ikke må kunne indkobles i denne situation. Ved hjælp af loadflow-beregninger viser det sig, at elkedlen ikke medfører uacceptabelt spændingsniveau, såfremt spændingen i tilslutningsstedet er større end 392 V. Dette medfører således, at det nedre bånd, hvor elkedlen må være tilsluttet, fastsættes til 392 V. Hvis elkedlens effekt kan reguleres, kan denne gives et lastsignal der begrænser effekttrækket så det nedre bånd på 392 V ikke overskrides. Lastsignalet kan beregnes ud fra en spændingsmåling i tilslutningspunktet. Tilsvarende kan der genereres et lastsignal ud fra en strømmåling på 60/10 kV transformeren eller 10 kV udføringen, hvis disse er begrænsende for elkedlens tilladelse effekttræk.



Figur 3-1: Load flow beregning til bestemmelse af spændingsbånd.

3.3. Jordslutningsstrømme (nulstrømme)

I dette afsnit vurderes, hvilke forhold man skal være opmærksom på i forbindelse med installation af en elektrodekedel direkte tilsluttet et slukkespolejordet net. Elektrodekedler vil bidrage til den aktive reststrøm i en enfaset jordfejl i såvel slukkespolejordede net, som net med isoleret nulpunkt. Men det må antages, at når jordingsystemet i et isoleret net er udformet til at håndtere den capacitive strøm i fejlstedet, da vil elkedlens aktive bidrag til denne være uden reel betydning.

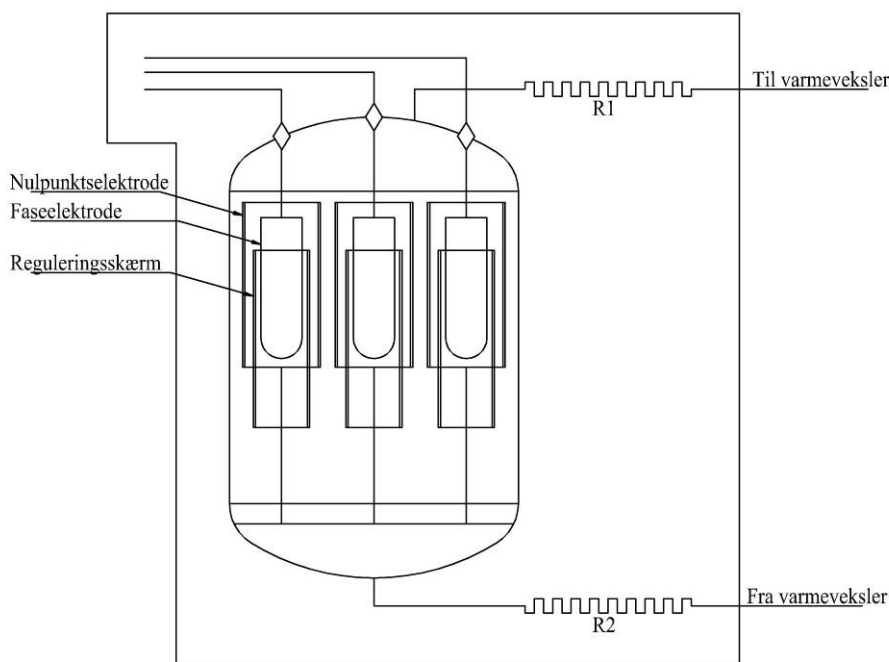
Under normal drift vil de tre fasestrømme være nogenlunde symmetriske, og der vil derfor kun være en meget beskedne afledning til jord via fjernvarmevandet.

Hvis der andetsteds i nettet opstår en jordfejl med lav fejlimpedans, vil spændingen i elkedlens stjernepunkt blive af samme størrelse som fasespændingen, dvs. $U_N/\sqrt{3}$. Der vil derfor løbe en strøm I_{jord} til jord, som er bestemt af resistansen fra stjernepunktet til jord. Elkedlens bidrag til jordslutningsreststrømmen kan ved hjælp af følgende beregning fastsættes:

$$I_{\text{jord elkedel}} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{jord}}}$$

Fastlæggelsen af impedansen Z_{jord} er dog imidlertid ikke nem, da der er mange faktorer, der gør sig gældende (konstruktion, rørdimension, -længde, vandets ledningsevne, temperatur m.m.). Der er to generelle principper til opvarmning af vand ved hjælp af en elektrodekedel:

Fyldt vandbeholder, hvor det er rørene mellem beholderen og det eksterne rørsystem, der har afgørende indflydelse på den samlede impedans Z_{jord} .



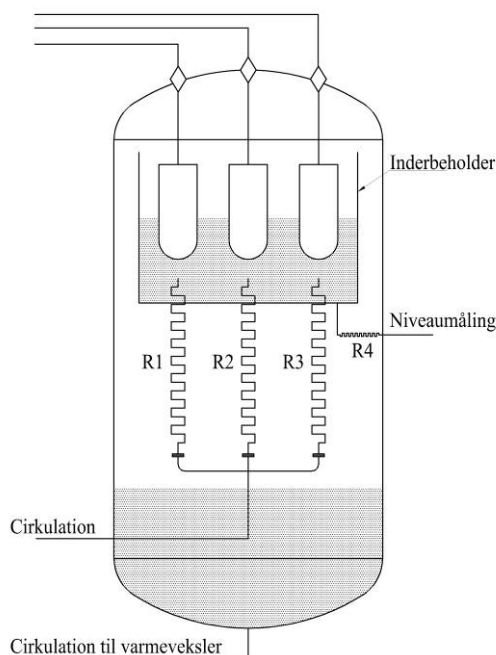
Varmtvandskedel ZVPI

Figur 3-2: Elektrodekedel med fyldt vandbeholder (Kilde: Averhoff Energi Anlæg A/S).

Den samlede impedans Z_{jord} bliver da beregnet som (se også bilag 1):

$$Z_{\text{jord}} = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}}$$

Beholder med inderbeholder (dampkedelprincip), hvor det er rørene mellem yderbeholder og inderbeholder, der er bestemmende for den samlede impedans Z_{jord} .



Dampkedel ZDKI

Figur 3-3: Elektrokedel-beholder med inderbeholder (Kilde: Averbhoff Energi Anlæg A/S).

Den samlede impedans Z_{jord} bliver da beregnet som (se også bilag 2):

$$Z_{\text{jord}} = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{R4}}$$

Dette strømbidrag skal adderes til den aktive reststrøm, der i forvejen forekommer i nettet, når man skal beregne den resulterende strøm i fejlstedet. Den "naturligt forekommende" aktive reststrøm skyldes afledning over isolatorer, tab i komponenter m.m. og er for kabelnet af størrelsen 2 - 5 % af den capacitive jordslutningsstrøm [6]. Hvis man ikke har kendskab til den faktiske værdi, anbefales det i [6] at regne med 2 % aktiv reststrøm. Afhængigt af, hvor stort et kabelnet, der er tilknyttet den aktuelle 50-60 kV station, kan det aktive strømbidrag fra elkedlen således være større end den samlede, øvrige aktive reststrøm i nettet.

Er der installeret flere af denne type kedler under samme 50-60 kV station, vil hver kedel give et bidrag til den aktive fejlstrøm, som derved kan blive øget betydeligt.

Den samlede strøm i fejlstedet findes som [6]

$$I_J = \sqrt{(I_L - I_C)^2 + (I_{WN} + I_{jord_el-kedel})^2}$$

hvor

- I_J er strømmen i fejlstedet
- I_L er slukkespolestrømmen
- I_C er nettets kapacitive jordslutningsstrøm
- I_{WN} er nettets aktive reststrøm
- $I_{jord_elkedel}$ er elkedlen/elkedlernes bidrag til den aktive fejlstrøm

Jordingssystemerne i nettet skal være i stand til at aflede $I_{jord_elkedel}$ til jord, uden at berørings-spændingen overskrider de værdier, der er angivet i Stærkstrømsbekendtgørelsens afsnit 2, kapitel 9.

Hvis der i en kort periode i forbindelse med fejllokalisering indkobles en wattkomponentforstærker, skal strømbidraget herfra medtages i det samlede aktive strømbidrag i ligningen ovenfor.

3.4. Beskyttelse

Beskyttelsen af en installeret elkedel deles op i tre kategorier, hvor nettets jordingssystem er den toneangivende. De tre kategorier er følgende:

- Direkte eller effektiv jordet (TT) (ikke aktuel for elektrodekedler)
- Isoleret (IT)
- Slukkespolejordet (ikke aktuel for elpatroner)

I de efterfølgende afsnit gennemgås, hvorledes beskyttelsen af tilsluttede elkedler i de tre kategorier bør foretages.

3.4.1. Beskyttelse af elkedel

Beskyttelse af elkedel af typen elpatron eller elektrodekedel er den samme for alle tre kategoriserede jordingssystemer. Der skal sørges for overstrømsbeskyttelse i form af overbelastnings- og kortslutnings-beskyttelse.

I kraft af at det for elkedlerne kan dreje sig om store tilsluttede effekter, udføres dette for elpatroner (normal tilsluttet lavspænding) ved hjælp af en maksimalafbryder. For elektrodekedler anbefales beskyttelse med relæer med indstillelige trin/tider (min. 2 trin) eller en udløsekaraktéristik, der svarer til en højspændingssikrings smeltekurve (nemmere at opnå selektivitet).

3.4.2. Beskyttelse af net

Som beskrevet i afsnit 3.3 kan der i slukkespolejordede net forekomme utilsigtede bidrag fra elektrodekedlen til jordslutningsreststrømmen og dermed berørings-spændingen i fejlstedet. I tilfælde af en højimpedanset jordfejl kan bidraget være større end jordfejls bidrag, hvilket kan

medføre en "fejlmarkering" af retningsbestemte jordfejlrelæer på linier/radialer tilsluttet elektrodedekler. Det kan således være nødvendigt at udkoble elkedlen ved en stående jordfejl i et slukkespolejordet net. Udkoblingen kan enten foretages lokalt ved at udvide overstrømsbeskyttelsesrelæet med en jordfejlsfunktion, der udkobler ved en given $3xI_0$ eller ved at udkoble elektrodedeklen, når en jordfejl registreres i linierelæet (sumstrømsmåling) på hovedstationen, eller når en $3xU_0$, målt over åben trekant i hovedstationen eller tilslutningspunktet, overstiger en given værdi.

Elektrodedekler tilsluttet isolerede net (IT) vil ikke bidrage til en jordslutningsreststrøm, der er af betydning. Beskyttelsen bør her foregå ved at udkoble elektrodedeklen lokalt, når en $3xU_0$ målt over åben trekant i hovedstationen overstiger en given værdi.

Det er ikke nødvendigt at gøre tiltag for en elkedel tilsluttet direkte eller via effektiv jordede net (TT), da nettet her er bagudbeskyttet.

Der henvises endvidere til tidligere udgivet notat [13] samt PowerPoint præsentation [14].

4. Nettilslutning – fiskale målinger

Efterfølgende afsnit er en sammenfatning/genberetning af et indlæg ved temadagen 31/5 2010 *Regulerkraft: Måling og afregning ved regulerkraft* af Preben Høj Larsen, Energinet.dk [15].

Elmarkedet er afhængigt af, at der kan indhentes afregningsmåling (fiskal måling), og at der sammenstilles energiopgørelser, der entydigt definerer hver enkelt netvirksomhed og rent geografisk placerer de balanceansvarliges ansvarsområde. For alle fiskale målinger er kravene i [1] og [2] gældende.

I D1-forskriften [1] defineres rollerne: netvirksomhed, måleansvarlig og måleoperatør, samt begrebet netområde. Forskriften definerer, hvilke målinger der er krav om i forbindelse med produktion af el og netflow mellem ansvarsområder og slutforbrug.

Måledata skal indsendes til Energinet.dk og andre legitime modtagere. Forskriften beskriver kravene til indsendelse af data i forhold til følgende spørgsmål [1]:

- Skal data fra de enkelte målepunkter indsendes, eller er kravet aggregerede måledata?
- Hvilke deadlines er der for indsendelse af måledata?
- Hvilke kvalitetskrav er der til de indsendte måledata?
- Hvilken fortegnskonvention er der for indsendelse af data?

Energinet.dk bruger de indsendte måledata til at beregne energiopgørelser, som indgår i afregningen af netvirksomhederne og andre aktører. [1] beskriver, hvorledes disse energiopgørelser beregnes, herunder hvordan beregningerne udføres for de netområder, hvori der findes nettoafregnede egenproducenter.

Eksempler på ovennævnte første og sidste punkt gennemgås i de efterfølgende underafsnit. Deadlines og kvalitetskrav for de indsendte data gennemgås ikke i denne vejledning.

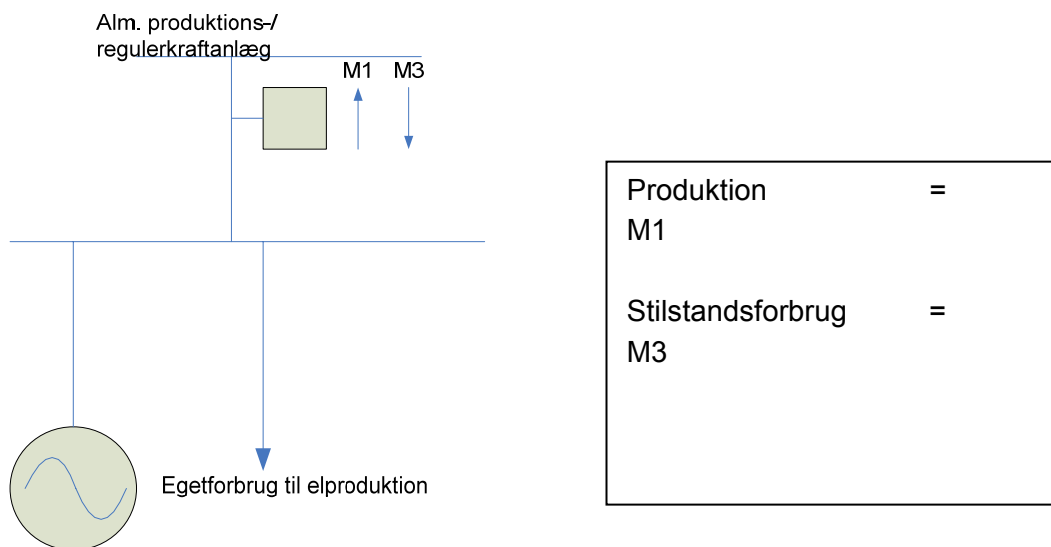
4.1. Krav til afregningsmåling – regulerkraft

Kravene til afregningsmåling for regulerkraftanlæg (-værker) er identiske med kravene som for øvrige produktionsanlæg. For følgende tilfælde kan der dog opstå kompleksitet i afregningsmålingen:

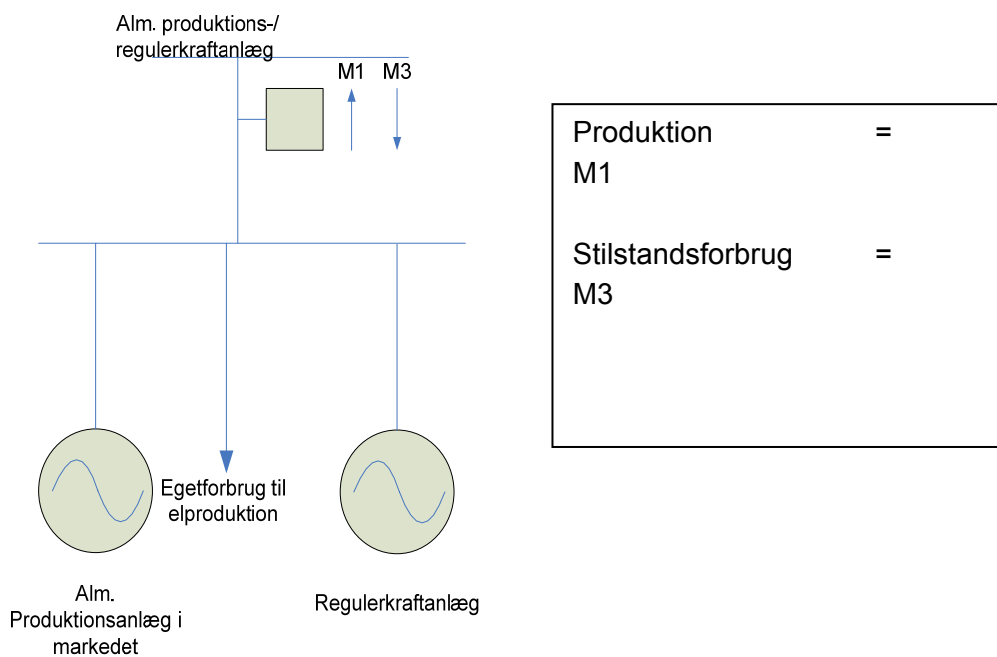
- Forskelligt balanceansvar – hvis øvrig produktion ligger i aftagepligten
- Placering i installationen kan kræve ekstra måling

De efterfølgende underafsnit anskueliggør forskellige scenarier.

4.1.1. Måling ved regulerkraftanlæg - simpelt



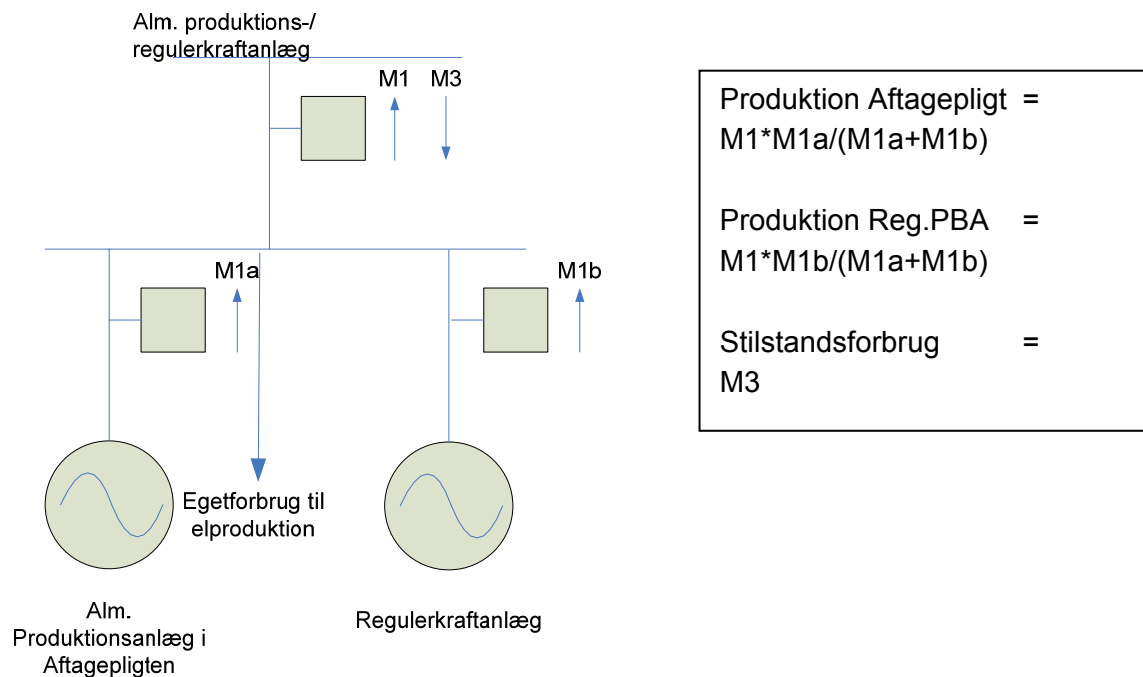
Figur 4-1: Simple måling uden regulerkraftanlæg.



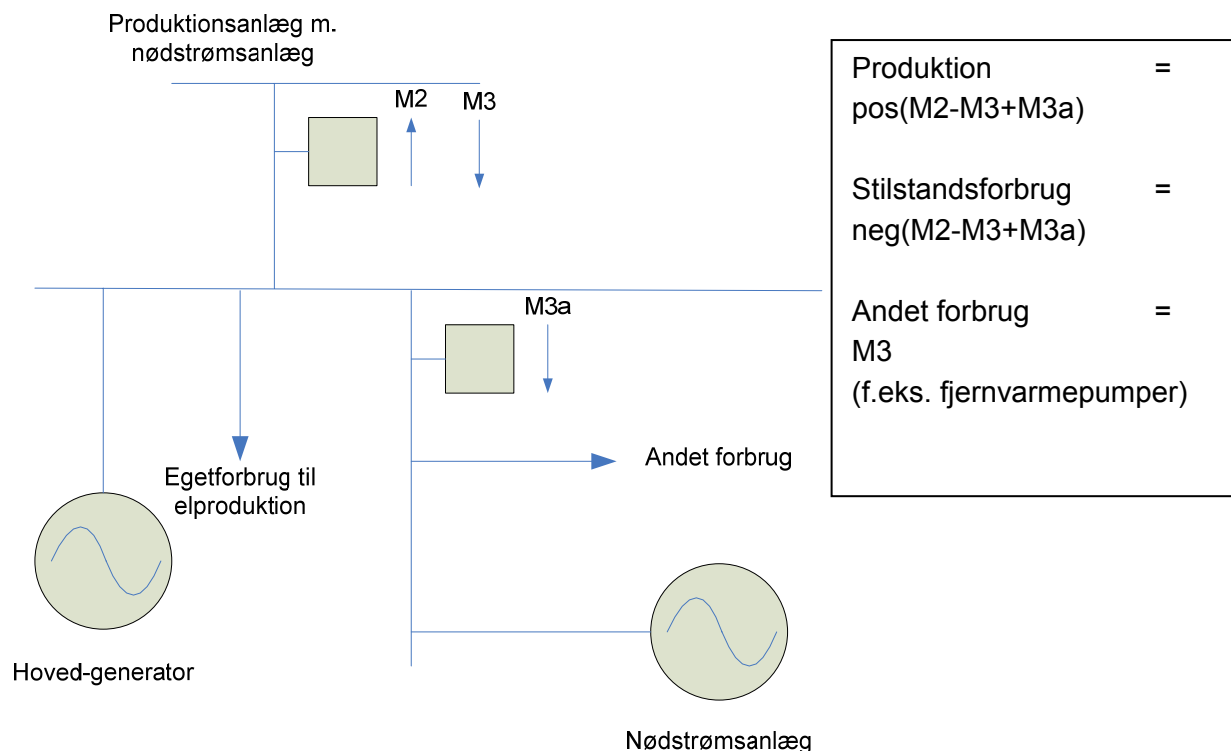
Figur 4-2: Simple måling med regulerkraftanlæg.

4.1.2. Måling ved regulerkraftanlæg – forskellig PBA

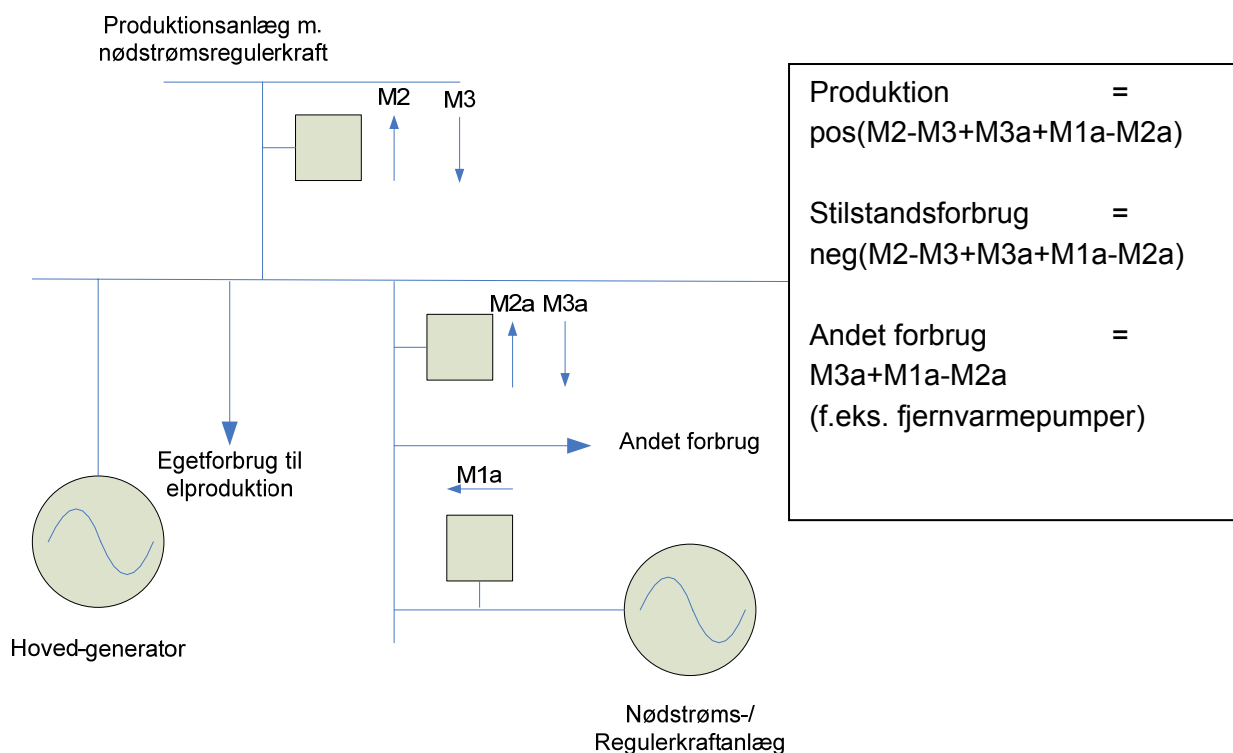
Ved forskellig PBA på grund af at den ene enhed producerer til aftagepligten, skal måling sikre entydig fordeling af produktionen på det korrekte balanceansvar.



Figur 4-3: Måling med forskellig PBA – alm. produktions-/regulerkraftanlæg.



Figur 4-4: Måling med forskellig PBA – produktionsanlæg med nødstrømsanlæg.

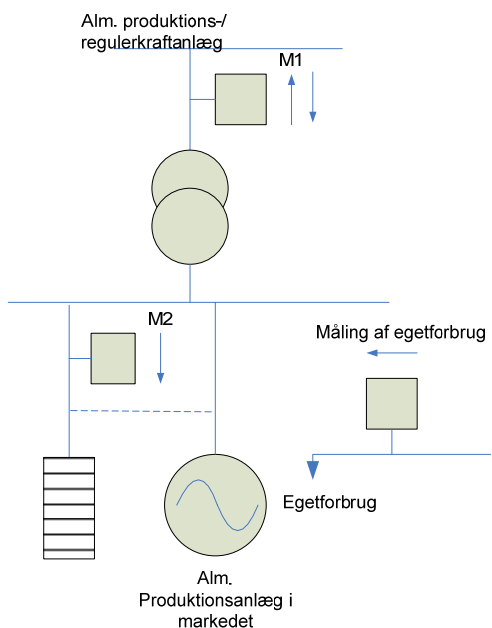


Figur 4-5: Måling med forskellig PBA – produktionsanlæg med nødstrømsregulerkraftanlæg.

4.2. Krav til afregningsmåling – elkedler

- Elkedler henføres til en forbrugsbalanceansvarlig
 - Måledata indsendes separat på kvarters-basis
 - Energinet.dk trækker elkedlens forbrug ud af residualforbruget – skal IKKE indsendes sammen med øvrige timeafregnede kunder
- Ejer kan søge om PSO-fritagelse ved Energinet.dk jf. bekendtgørelse [324 af 28/04/2009](#)
 - Gælder kun det egentlige forbrug på elkedlen (§ 1. Varmeproducerende virksomheder kan fritages for at betale beløb til dækning af offentlige forpligtelser, som nævnt i § 9 a, stk. 1 og 2 i lov om elforsyning for den del af deres elforbrug, som anvendes til varme-produktion, såfremt
 - elektriciteten anvendes til at producere varme i et varmeproducerende anlæg omfattet af §§ 2 eller 3, og
 - elektriciteten medgår til direkte varmeproduktion ved hjælp af elpatroner, varmepumper o.l.)

Eksempel 1:



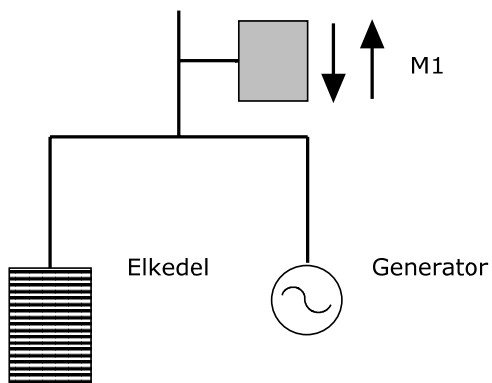
Produktion =
 M1

 Forbrug Elkedel =
 M2

 !!! Tab i maskintransformer må
 IKKE henføres til elkedlen.

Figur 4-6: Måling med forskellig PBA – produktionsanlæg med nødstrømsregulerkraftanlæg.

Eksempel 2:



Produktion/forbrug =
 M1

Figur 4-7: Måling med samme PBA (hyppigste konfiguration i vestdanmark).

4.3. Ejerskab

Jævnfør [1] gælder det for ejerskab for fiskale målinger:

- Det er netvirksomhedens pligt at sørge for, at de korrekte målinger bliver foretaget. Derfor skal afregningsmålerne være ejet af netvirksomheden, og det er også netvirksomhedens ansvar, at målerne bliver vedligeholdt.
- Omkostningerne til afregningsmålerne og deres vedligeholdelse skal afholdes af ejeren af elproduktionsanlægget i henhold til gældende lovgivning.
- Anlægsejeren har pligt til at oplyse netvirksomheden om anlæggets opbygning i forbindelse med en vurdering af, hvor målerne skal opsættes.
- Hvis det på grund af nye regler eller anlægsejerens ønske om ændret afregningsform er nødvendigt at ombygge anlægget/målearrangementet, skal anlægsejeren afholde udgifterne.

4.4. Nettab

For fastsættelse af nettab og placering af afregningsmålere nævnes følgende:

- Afregningspunkt aftales mellem anlægsejer og netvirksomhed
- Målere kan evt. placeres andet sted
 - [1] afsnit 5.1 og Bilag 1.
- Skalering af måleværdier, jf. [1]:
 - Afsnit 5.1: Det er tilladt at op- eller nedskalere de "rå" 15/60-værdier med en veldefineret fast proportional faktor (som ikke varierer over tid), inden måleværdierne videredistribueres af hensyn til interne afregningsmellemværender mellem to netvirksomheder eller af hensyn til registrering af produktionen på decentrale anlæg med forskudt afregningspunkt (se bilag 1).
- Forskudt afregningspunkt, jf. [1]:
 - Bilag 1: Forskudt afregningspunkt for decentrale kraftvarmeanlæg og vindmøller
 - For decentrale kraftvarmeanlæg er målested og afregningspunkt det sted, hvor anlæggets faktiske tilslutning til det kollektive elforsyningsnet foretages. Punktet er således afgørende for betalingen til anlægsejeren.
 - Det fysiske tilslutningspunkt fastlægges af netvirksomheden på grundlag af de tekniske og økonomiske forhold.
 - Afregningspunktet defineres som første fællespunkt med det kollektive elforsyningsnet.
 - I de tilfælde, hvor der ved anlægget installeres en maskintransformer, bør man være påpasselig med ejerforholdene. Normalt vil maskintransformeren være anlægsejerens ejendom, og nettab m.v. belaster derfor anlægsejeren. Netvirksomhederne tilbyder undertiden anlægsejeren at bygge og vedligeholde maskintransformeren. Hvis ejerskabet overgår til netvirksomheden, skal man være opmærksom på, at transformeren derved bliver en del af det offentlige net. Tilslutningspunktet flyttes derved til lavspændingssiden af maskintransformeren.
 - I begge tilfælde gælder, at hvis det af praktiske eller økonomiske årsager ikke er hensigtsmæssigt at placere afregningsmåleren i det rigtige afregningspunkt (eksempelvis fordi en lavspændingsmåling vil være billigere), kan der træffes aftale om

at placere måleren et andet sted. I dette tilfælde skal tabene beregnes frem til det rigtige afregningspunkt, og den registrerede produktion skal korrigeres herfor, inden måleoperatøren videregiver måledata til Energinet.dk, jf. afsnit 4.1.

5. Nettilslutning – anbefalinger/aftaler

I det følgende opsummeres vejledningen.

En passende form for overstrømsbeskyttelse samt lokal eller fjern jordfejlsdetektering bør ud-koble elkedlen, så denne ikke medvirker til utilsigtede handlinger.

- Ved en jordfejl andetsteds i forsyningsnettet vil anbefalingen dog være at udkoble elked-len lokalt, initieret af en lokal $3U_0$ måling over en åben trekant.

Jævnfør bilag 1 og 2 henvises der til en beregning af jordfejlstrømmen I_{jord} på maksimal 2 A. Beregningen beror sig imidlertid på en elektrodedekedel tilsluttet et 10 kV-net. For en elektrodede-del tilsluttet 20 kV-nettet antager isolerrørene (anslået) den dobbelte længde. Denne forøgelse er imidlertid uhensigtsmæssig, da den vil have stor indflydelse på de fysiske rammer, såsom afskærmning m.m.. For at imødekomme denne ”udfordring” kunne en jordfejlstrøm I_{jord} på 4 A eventuelt tillades.

- Ved momentan udkobling af elektrodedekeden vil størrelsen af jordfejlstrømmen I_{jord} ikke have nogen videre betydning. Det anbefales derfor, at driftslederen i samråd med an-lægsejeren (kraftvarmeværk) fastsætter en maksimal jordslutningsstrøm I_{jord} . Ligeledes fastsætter driftslederen en maksimal jordslutningsstrøm I_{jord} ved gradueret (ramped) udkobling.
- Det bør undersøges, om netvirksomheden kan have indflydelse på styring/justering af effektgradienten.
- Det anbefales at fastsætte et ”spændingsbånd” for en elkedel tilsluttet med begrænset netadgang.

En nærmere opsummering af denne vejledning vil automatisk fremkomme ved at gennemgå skemaet til krav og oplysninger, samt den vejledende tjekliste.

Yderligere anbefalinger fremgår af [16] PowerPoint præsentation ved temadag 31/5 2010 *Regu-lerkraft: Hvordan løses opgaven i praksis*, Jan Emil Andersen, Energi Midt. Heri gennemgås eksempler for tilslutning af elkedel med fuld eller begrænset netadgang.

5.1. Ofte stillede spørgsmål

I det følgende gennemgås ofte stillede spørgsmål:

Hvad skal anlægsejeren sørge for inden idriftsættelse?

- Anlægsejer træffer aftale med PBA
- Anlægsejer ansøger om PSO-fritagelse
- Anlægsejer ansøger til SKAT

Anlægsejerens rådgiver bør sørge for de 3 opgaver. Hvis ejeren IKKE har fået ovenstående på plads tilstrækkeligt tidligt (se også tjekliste), kan dette medføre en del paniske henvendelser fra anlægsejer omkring idriftsættelsesdatoen,

Kan værker med kun fjernvarme også tilsluttes med begrænset netadgang?

-> hvor i bekendtgørelsen?

-> fuld nettilslutningsbidrag?

Ordningen med de særligt lave afgiftssatser for brug af elektricitet i elkedler og eventuelle andre anlæg i forbindelse med varmeleverancer gælder permanent. Endvidere er krav om ejerskab lempet på to områder; for det første skal de lave afgiftssatser for el og brændsler også gælde for varme, som momsregistrerede fjernvarmeværker uden kraftvarmekapacitet leverer til fjernvarmenet. Dette kræver dog, at hovedparten af varmen i fjernvarmenettet kan forsynes fra momsregistrerede virksomheder med kraftvarmekapacitet! For det andet skal ordningen også gælde, hvis momsregistrerede virksomheder med kraftvarmekapacitet vælger at bruge varmen direkte i deres interne varmesystemer.

Skal netvirksomheden håndtere afgifter ved fakturering af afregningsmålingen?

-> ellers afregnes normalt - "kunde" styrer selv afgiftsræs

Det er netvirksomheden, der skal håndtere afgifterne, som de plejer² (normale afgifter), og fjernvarmeselskabet selv der søger om godtgørelse af den afgift, der overstiger "elpatronafgiften". Men tjek med en økonomikyndig i netvirksomheden. Nettilslutning er uden for afgiftsloven. Det er noget netvirksomhederne selv administrerer.

Præcis hvor fremgår det, at kraftvarmeværker ikke må producere el til egen elkedel?

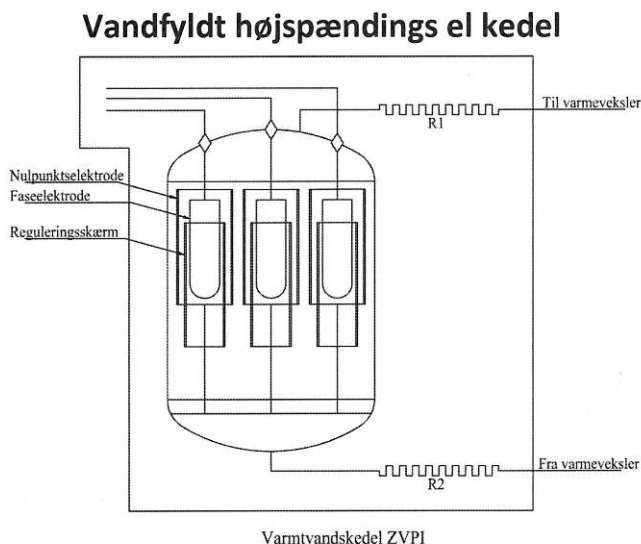
Det står ingen steder, at kraftvarmeværkerne ikke selv må producere til egen elpatron.

Man kan ikke på nogen måde slippe for at betale afgifter på lovlig vis. Det vil altså aldrig kunne betale sig selv at producere kraftvarmestrøm til egen elpatron. Netvirksomheden vil formentlig også sikre sig tariffbetaling, selv om der leveres internt på fjernvarmeværket.

² Virksomheder, der er forbrugsregistreret i henhold til elafgiftslovens § 4, stk 3, angiver og betaler afgifterne direkte til SKAT. Momsregistrerede varmeproducenter vil normalt ikke kunne forbrugsregistreres, men virksomheder med et elforbrug på mindst 100.000kWh pr. år, og som er berettiget til tilbagebetaling af mindst 90% af den samlede afgift på el og CO₂, kan være forbrugsregistreret.

Bilag 1: Elektrodekedel – vandfyldt beholder

Beregning af Z_{jord} (Kilde: Averhoff Energi Anlæg A/S)



Jordfeilsstrøm = Spænding / Modstand

Spændingen;		
11.000 volt, giver en fasespænding på	=	6.400 volt
Maksimal jordfejl		
2,0 amp er den maksimal jordstrømsfejl der kan accepteres		
Samlet modstand må være		
$\Omega = U / A = 6400 / 2$	=	3.200 Ohm
Modstand der skal være i hver rør fra kedlen		
$1 / R_{\text{total}} = 1 / R_1 + 1 / R_2$		
Vi regner ud fra at R1 og R2 er næsten lige store	=	6.400 Ohm

Beregning af rørlængde, set i forhold til ledningsevne og tværsnit

<u>Ledningsevnen;</u>		
Ledningsevnen målt, ved 25 °C	=	60 µS/cm
Ledningsevne, ved fremløbstemperatur 105 °C	=	178 µS/cm
Ledningsevne, ved returtemperatur 75 °C	=	132 µS/cm
<u>Ohmsk modstand gennem vandet;</u>		
$\Omega(\text{Fremløb}) = 10^6 / \text{ledningsevnen}$	=	5.618 ohmcm
$\Omega(\text{Retur}) = 10^6 / \text{ledningsevnen}$	=	7.576 ohmcm
<u>Rørets areal;</u>		
$A = D^2 \times \pi / 4$ 200 mm - giver et areal på	=	314 cm ²
Flowhastighed bliver, ved 12 MW, og DeltaT 30 gr.C.	=	3,12 m/s
<u>Rørets længde, for at komme under 2 Amp. Jordfeilsstrøm</u>		
$R_1 = \text{længde} \times \text{vandets modstand} / \text{arealet}$		
Længde = $R_1 \times \text{Areal} / \text{Modstand}$	=	358 cm
Normal længde på isolerrøret er	=	160 cm
Isolerrørs længde er normalt 160 cm, så vi skal bruge	=	2,24 stk
Der er valgt at installere	=	3 stk

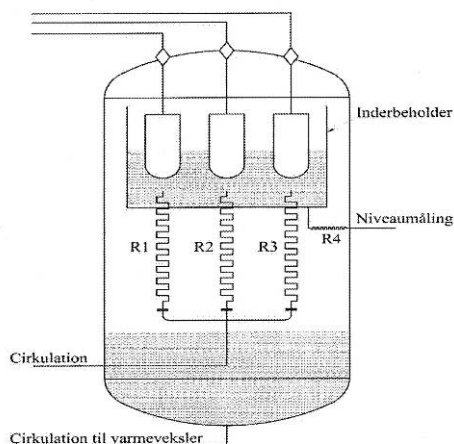
Afterregning af den faktisk jordfeilsstrøm ved valgt rørlængde og dimension;

$R_1(\text{Fremløb}) = 3 \times 160 \times 5618 / 314$	=	8.588 Ohm
$R_2(\text{Retur}) = 3 \times 160 \times 7576 / 314$ KUN VED FAST deltaT	=	11.581 Ohm
$R_{\text{total}} = 1 / (1/R_1 + 1/R_2)$	=	4.931 Ohm
Jordfeilsstrøm bliver 6400 / 4931 ved deltaT på 30 °C	=	1,30 Amp
Hvis vi har fast vandmængde, deltaT nær nul °C	=	1,49 Amp

Bilag 2: Elektrodekedel – beholder med inderbeholder

Beregning af Z_{jord} (Kilde: Averhoff Energi Anlæg A/S)

Højspændings el kedel - Dampkedel princip



Dampkedel ZDK1

Jordfeilsstrøm = Spænding / Modstand

Spændingen;			
11.000 volt, giver en fasespænding på	=	6.400	volt
Maksimal jordfejl			
2,0 amp er den maksimale jordstrømsfejl der kan accepteres			
Samlet modstand må være			
$\Omega = U / A = R_{\text{total}}$	$6400 / 2$	=	3.200 Ohm
Modstand der skal være i hver rør fra kedlen			
$1 / R_{\text{total}} = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 + 1 / R_4$			
Vi regner ud fra at R4 til Niveau måling, er på	=	12.853	Ohm
Vi regner ud fra at R1, R2, og R3 er næsten lige store	=	12.782	Ohm

Beregning af rørlængde, set i forhold til ledningsevne og tværsnit

<u>Ledningsevnen;</u>				
Ledningsevnen målt, ved	25 °C	=	100	µS/cm
Ledningsevne, ved fremløbstemperatur	140 °C	=	389	µS/cm
Ledningsevne, ved returtemperatur	110 °C	=	310	µS/cm
<u>Ohmsk modstand gennem vandet;</u>				
$\Omega_{(\text{Niveau})} = 10^6 / \text{ledningsevnen}$	ved 140 °C	=	2.571	ohmcm
$\Omega_{(\text{Intern})} = 10^6 / \text{ledningsevnen}$	ved 110 °C	=	3.226	ohmcm
<u>Rørets areal;</u>				
$A = D^2 \times \pi / 4$	giver et areal på	=	65	mm
Da der er 3 rør internt i kedlen, der fordeler vandet, beregnes		=	33	cm ²
Flowhastighed bliver, ved 12 MW, og valgt rørdimension		=	3,28	m/s
<u>Rørets længde, for at komme under 2 Amp. Jordfeilsstrøm</u>				
$R_1 = \text{længde} \times \text{vandets modstand} / \text{arealet}$				
Længde = $R_1 \times \text{Areal} / \text{Modstand}$		=	131	cm
Normal længde på isolerrøret er		=	100	cm
Isolerrørs længde er normalt 100 cm, så vi skal bruge		=	1	stk

Afregning af den faktiske jordfeilsstrøm ved valgt rørlængde og dimension;

$R_1(\text{Intern1}) = 1 \times 100 \times 3226 / 33$	=	9.775	Ohm
$R_2(\text{Intern 2}) = 1 \times 100 \times 3226 / 33$	=	9.775	Ohm
$R_3(\text{Intern 3}) = 1 \times 100 \times 3226 / 33$	=	9.775	Ohm
$R_4(\text{Intern 4}) = 1 \times 100 \times 2571 / 33$	=	12.853	Ohm
$R_{\text{total}} = 1 / (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4)$	=	2.599	Ohm
Jordfeilsstrøm bliver $6400 / 2599$	=	2,46	Amp

Bilag 3: Tjekliste/skema

For opfølgning af vejledningen for tilslutning af elkedel er der udarbejdet et skema til krav og oplysninger, samt en vejledende tjekliste. Skemaet skal betragtes som en hjælp til, hvilke retningslinjer, foranstaltninger og tiltag netvirksomheden bør/skal tage i betragtning og overholde. Tjeklisten anvendes ved at besvare spørgsmålene for at efterkomme Stærkstrømsbekendtgørelsen og anvisningerne fra gældende forskrifter, samt overholdelse af kravene fra skemaet.

Følgende skema og tjekliste er således et supplement til [12].

Skema til krav og oplysninger

Skemaet udfyldes ved henvendelse om tilslutning af en elkedel, og det bør udfyldes i samarbejde med elkedel-leverandør, kraftvarmeværket, driftsafdelingen, planlægningsafdelingen samt driftslederen. Oplysninger fra netvirksomheden er markeret med N efter hvert punkt. Oplysninger fra elkedel-leverandør/kraftvarmeværket er markeret med L efter hvert punkt.

1.L Hvilken type elkedel drejer henvendelsen sig om?

Elpatron Elektrodekedel

Med fuld netadgang

Med begrænset netadgang

Med partiel begrænset netadgang

2.L Hvor stor vil den maksimalt tilsluttede elkedels effekt blive:

Pmaks _____ MW

heraf

Pfuld _____ MW fuld netadgang

Pbeg _____ MW begrænset netadgang

3.L Til dimensionering af eventuelle netforstærkninger og angivelse af reguleringsreserve, angiv da metoden for styring/regulering samt effektgradienten for anlægget

Pmin _____ MW

Trinstyring

Antal trin _____

Effektgradient _____ MW/trin

Tid fra min-max _____ sekunder

Kontinuerlig

Effektgradient _____ MW/sekund

Tid fra min-max _____ sekunder

4.N Angiv kriterier for maksimal tilladelige effektgradient

Maks effekt ved indkobling _____ MW

evt. tidsperiode _____ sekunder

Maks effektgradient efter indkobl. _____ MW/sekund

Maks antal koblinger _____ kobl./time

5.N Angiv spændingsniveau UN i tilslutningsstedet

UN _____ V kV

6.N Angiv kriterier for spændingsområdet i tilslutningspunktet (tilladelig spændingsfald) hvori elkedlen må være tilsluttet (gælder kun for elkedler tilsluttet med begrænset netadgang)

Umin _____ V kV

Umaks _____ V kV

7.N Angiv kortslutningsniveau i tilslutningspunktet

Ik-min _____ kA
Ik-maks _____ kA

8.N Angiv nettets jordingsform

Direkte eller effektiv jordet (TT)
Isoleret (IT)
Slukkespolejordet

9.N Angiv den af driftslederen maksimalt tilladelige jordslutningsreststrøm for elkedlen (gælder kun for elkedler af typen elektrodedekler i slukkespolejordede net)

$I_{\text{jord_el-kedel MAKS}} = \text{_____ A}$

10.L Angiv overgangsmodstanden til jord ($R=Z_{\text{jord}}$) (gælder kun for elkedler af typen elektrodedekler). Beregning jævnfør bilag 1 eller 2 eller henvendelse til elkedelfabrikant

Rmin _____ Ohm
Rmax _____ Ohm

11.N/L Beregn elkedlens bidrag til jordslutningsreststrømmen ved hjælp af følgende overslagsberegning (gælder kun for elkedler af typen elektrodedekler i slukkespolejordede net)

$I_{\text{jord_el-kedel}} = \frac{UN}{\sqrt{3} \cdot R_{\text{min}}} = \text{_____} = \text{_____ A}$

12.N Beskyttelse af net (driftslederens ansvar)

Trip = udkobling af tilsluttet elkedel, blok = blokering for tilslutning af elkedel

Trip/blok underspænding (se pkt. 6)	<	Umin
Trip/blok overspænding (se pkt. 6)	>	Umaks
Trip/blok $I_{\text{jord_el-kedel}}$ (se pkt. 11)	>	$I_{\text{jord_el-kedel MAKS}}$
Trip/blok $3U_0$	>	20-50% U_f

Evt. udkobling ved for stor effektgradient (kan udelades) i forbindelse med spændingsregulering i hovedstation

Trip MW/sekund > _____ MW/sekund

13.N Beskyttelse af elkedel ved overstrøm (driftslederens eller elkedelejerens ansvar)

Trip I_b (overbelastning) > $(1,0 \text{ til } 1,2) \cdot I_{\text{maks}}$
Tid trip ved I_b _____ sekunder (husk selektivitet)

Trip I_k (kortslutning) > _____ A
(afhængig af kortslutningsniveau I_k -min og/eller transformerstørrelse i tilslutningspunkt)
Tid trip ved I_k _____ sekunder (husk selektivitet)

14.L Overslagsmæssig angivelse af forventet leveringsomfang

Tid levering _____ timer/år

Tjekliste (vejledende)

Vigtige aftaler mellem anlægsejer og myndigheder:

- a. Er anlægsejer oplyst om nødvendighed af aftale med PBA? ja nej ej rel.
- b. Er anlægsejer oplyst om nødvendighed af ansøgning om PSO-fritagelse? ja nej ej rel.
- c. Er anlægsejer oplyst om nødvendighed af ansøgning til SKAT? ja nej ej rel.

Tekniske foranstaltninger:

1. Er de fiskale målinger jævnfør [1] og [2] etableret? ja nej ej rel.
2. Er online driftsmålinger jævnfør [3] etableret? ja nej ej rel.
3. Er målinger til fjernkontrollen (kontrolrumsmålinger) etableret? ja nej ej rel.
4. Kan elkedelbryder-status kontrolleres i fjernkontrollen? ja nej ej rel.
5. Kan elkedelbryderen kobles lokalt? ja nej ej rel.
6. Kan elkedelbryderen kobles via fjernkontrol? ja nej ej rel.
7. Automatisk lokal trip/blok af elkedel ved underspænding ja nej ej rel.
8. Automatisk fjernkontrol trip/blok af elkedel ved underspænding ja nej ej rel.
9. Automatisk lokal trip/blok af elkedel ved overspænding ja nej ej rel.
10. Automatisk fjernkontrol trip/blok af elkedel ved overspænding ja nej ej rel.
11. Automatisk lokal trip/blok af elkedel ved jordfejl/jordslutning ved $3xI_0$ sumstrømsmåling (gælder kun slukkespolejordede net) ja nej ej rel.
12. Automatisk fjernkontrol trip/blok af elkedel ved jordfejl/jordslutning ved $3xI_0$ sumstrømsmåling (gælder kun slukkespolejordede net) ja nej ej rel.
13. Manuel fjernkontrol trip/blok af elkedel ved jordfejl/jordslutning ved $3xI_0$ sumstrømsmåling (gælder kun slukkespolejordede net) ja nej ej rel.
14. Automatisk lokal trip/blok af elkedel ved jordfejl/jordslutning ved $3xU_0$ spændingsmåling (åben trekant) ja nej ej rel.

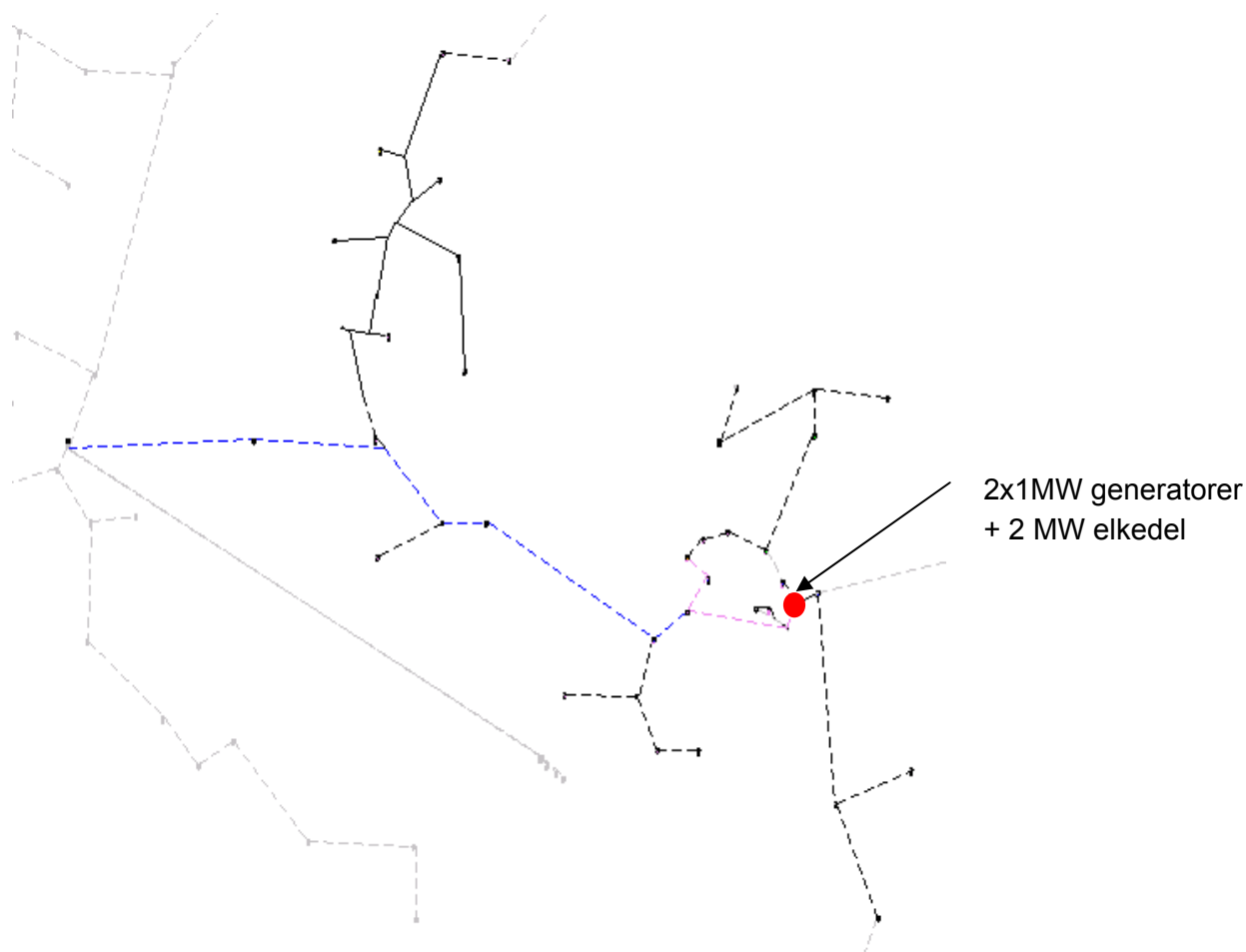
15. Automatisk fjernkontrol trip/blok af elkedel ved 3xU0 spændingsmåling (åben trekant) ja nej ej rel.
16. Manuel fjernkontrol trip/blok af elkedel ved jordfejl/jordslutning ved 3xU0 spændingsmåling (åben trekant) ja nej ej rel.
17. Automatisk lokal trip/blok af elkedel ved for høj effektgradient ja nej ej rel.
18. Automatisk fjernkontrol trip/blok af elkedel ved for høj Effektgradient ja nej ej rel.
19. Såfremt udkobling af elkedelbryder har fundet sted under havari (jordfejl/jordslutning, kortslutning m.m.), er denne da blokeret for indkobling? ja nej ej rel.
20. Såfremt udkobling af elkedelbryder har fundet sted ved underspænding, overspænding eller for høj effektgradient, er denne da blokeret for indkobling? ja nej ej rel.
21. Kan elkedelbryderen frigives lokalt efter at pkt. 19 eller 20 har fundet sted? ja nej ej rel.
22. Kan elkedelbryderen frigives via fjernkontrol efter at pkt. 19 eller 20 har fundet sted? ja nej ej rel.
23. Automatisk Trip/blok af elkedel ved svigt af fjernkontrol ja nej ej rel.
24. Er overbelastningsbeskyttelsen indstillet korrekt? ja nej ej rel.
25. Er kortslutningsbeskyttelsen indstillet korrekt? ja nej ej rel.
26. Er funktionen af relæbeskyttelsen ved jordfejl testet? ja nej ej rel.
27. Er evt. slukkespoleregulatorens følsomhed justeret? ja nej ej rel.
28. Mulighed for styring/justering af effektgradient i fjernkontrollsystem ja nej ej rel.
29. Udkobling og blokering af elkedel ved bortfald af 50-60kV net ja nej ej rel.

Bilag 4: Eksempelsamling

Dette bilag indeholder eksempler på faktiske tilslutningssager. Eksemplerne er ikke fyldestgørende i den forstand, at de dækker alle aspekter vedr. nettilslutning af elkedler, men vil typisk dække enkelte forhold ved nettilslutningen. Det første eksempel drejer sig om nettilslutning af en elkedel i et kraftvarmeværk, der er nettilsluttet i et blandet net.

Eksempel A: Spændingsvariation i et blandet net

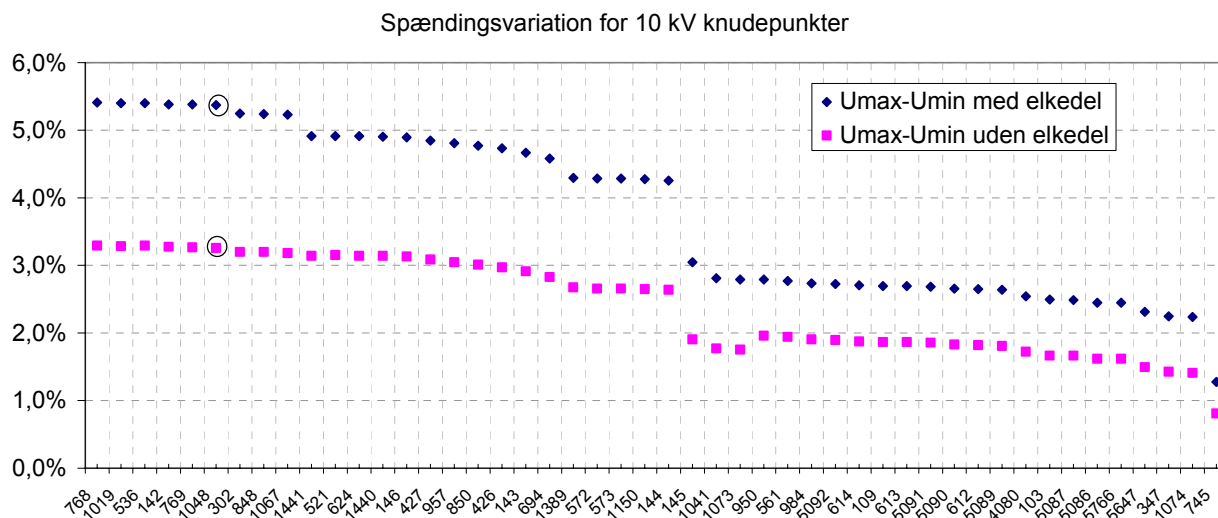
Et kraftvarmeværk tilsluttet 7,6 km fra hovedstationen i et net med både produktion og forbrug (blandet net). Kraftvarmeværket er forsynet med 2x1 MW generatoreffekt og ønsker at tilslutte en elkedel på 2 MW med begrænset netadgang.



Spændingsvariationen på 10 kV nettet beregnes ved 3 belastningsfordelinger:

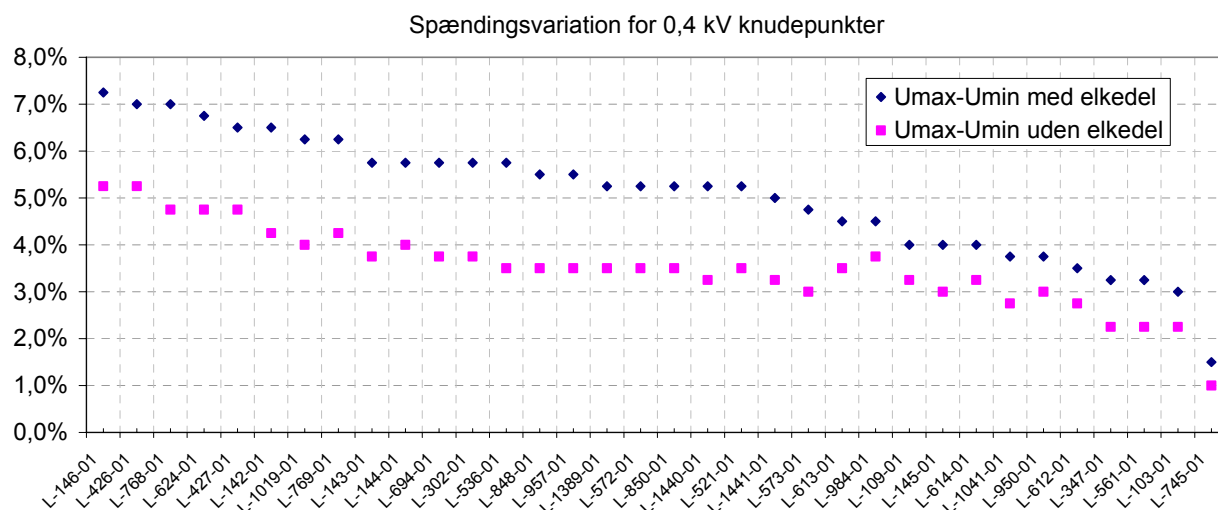
- Maksimal spænding: 100 % decentral produktion og belastning på 25 % af årsmaksimum.
- Minimal spænding uden elkedel: Ingen decentral produktion og maksimal belastning.
- Minimal spænding med elkedel: Ingen decentral produktion, maksimal belastning plus 2 MW elkedel.

Spændingsvariationen på 10 kV skinnerne af netstationerne er vist i procent af indstillingsværdien på hovedtransformerens viklingskobler herunder.



Største spændingsvariation oplever station 768, hvor variationen mellem højeste og mindste spænding ændres fra 3,3 % til 5,4 % ved tilslutning af elkedlen i station 1048 (markeret med cirkel).

For lavspændingsskinnerne i netstationerne er situationen lidt anderledes, da den eksisterende belastning, set i forhold til transformerstørrelsen, har betydning for hvor stor en variation der ses på netstationernes lavspændingsskinner.



Her er det station 146, der oplever den største variation i spændingen, der stiger fra 5,2 % til 7,2 % som følge af elkedlen.

I kabelskabet hos kunden skal spændingsvariationsområdet holdes inden for $230\text{ V} \pm 10\%$ jævnfør den nyeste udgave af DS/EN 50160. Tidligere var grænserne $230\text{ V} +6\%/-10\%$, så lad os for at regne worst case holde os til de tidligere grænser, altså et variationsområde på 16%.

Vi har altså $16\% - 7,2\% = 8,8\%$ at fordele på lavspændingsnet og u hensigtsmæssig indstilling af viklingskobler og trinkoblere. Et sådant regnestykke kan se således ud:

Viklingskobler står et trin forkert i forhold til indstillingsværdi (10,5 kV)	= 1,36 %
Trinkobler på 10/0,4 kV transformere må vælges uheldigt	= 2,5 %
Spændingsfald (variation) i lavspændingsnet	= 5,0 %
<hr/> Sum	<hr/> = 8,86 %

Dette er lige over grænsen på 8,8 %. Det forhold, at vi betragter en situation, hvor spændingsfald og trinafstand på viklingskobler og trinkoblere alle samtidigt trækker spændingen maksimalt i en retning, tilsiger, at denne situation måske aldrig i praksis vil optræde. Modsat har vi i vores beregninger af spændingsvariationen forudsat, at belastningen er jævnt fordelt på alle tre faser, hvilket ikke vil være gældende i det virkelige net.

I denne tilslutningssag bør der derfor som minimum etableres en overvågning af spændingen i de mest udsatte netstationer, samt foretages en genberegning og indstilling af nettransformerens trinkoblere.

Er spændingsvariationerne uacceptable, kan driften af elkedlen begrænses, således at den maksimale variation på kraftværkets 10 kV skinne sættes til eksempelvis 4 %. Det vil svare til, at elkedlen skal drosle sin belastning ned, så spændingen på 10 kV skinnen aldrig må komme

$$\text{under } 10,28 \text{ kV} \left(10,702 \text{ kV} - \frac{4\%}{100} \cdot 10,5 \text{ kV} = 10,28 \text{ kV} \right)$$