

PJØ-JPK/BLU

18. september 1995

**BLÅT NOTAT**

**KRAFTVÆRKSSPECIFIKATIONER  
FOR  
PRODUKTIONSANLÆG  
MELLEM 2 OG 50 MW**

**(Gældende for både elværksejede og ikke el-  
værksejede anlæg, dog ikke vindmøller)**

## Indholdsfortegnelse

1. Indledning	1
1.1 Gyldighedsområde	1
1.2 Formål	1
1.3 Grundlag	1
1.4 Opbygning	2
1.5 Ansvarlig	2
1.6 Myndighedskrav, normer og standarder	3
2. Effekt	3
2.1 Definitioner	3
2.2 Overbelastningsevne	3
2.3 Teknisk minimum	3
2.4 Referencebetingelser	4
3. Frekvensforhold	4
4. Spændingsforhold	5
4.1 Definitioner	6
4.2 Drift ved normale spændinger	6
4.3 Kontinuert drift/start ved lave spændinger	7
4.4 Spændingsregulator for synkrogeneratorer	7
4.5 Tilladelige spændingsvariationer ved lastændring og ved ind- og udkobling	8
4.6 Systemjordinger	8
5. Effektregulering	9
5.1 Lastplanregulering	9
5.2 Primærregulering	9
5.3 Sekundærregulering	10
5.4 Tertiærregulering/starttider	11
6. Egenforsyningsanlæg	12
6.1 Elektriske koblinger	12
6.2 Krav til egenforsyningsanlæg og hjælpeanlæg under netfejl	12
7. Blok- og område- $\phi$ -drift	13
7.1 Definitioner	13
7.2 Krav til blok- og område- $\phi$ -drift	13
8. Beskyttelse	13
8.1 Genindkobling i nettet	14
8.2 Asynkron sammenkobling	15
9. Levetidsspecifikation	15
10. Eftervisning og prøver	16
11. Referencer	16

## 1. Indledning

### 1.1 Gyldighedsområde

Kraftværksspecifikationerne skal følges ved ny- og ombygning af såvel elværksejede som ikke elværksejede produktionsanlæg, der skal tilsluttes det jysk-fynske elsamarbejde. Kraftværksspecifikationerne gælder dog ikke for vindmøller.

### 1.2 Formål

Formålet med Kraftværksspecifikationerne er at give de projekterende ensartede dimensioneringskrav vedrørende de egenskaber, som er væsentlige for systemets drift i henseende til forsyningssikkerhed, driftssikkerhed og elkvalitet på såvel kort som langt sigt. Specifikationerne skal også sikre den bedst mulige udnyttelse af den investerede kapital. Dette inkluderer bl.a. en afbalancering af kravene til de forskellige anlægstyper.

Gennem Kraftværksspecifikationerne sker også en opsummering af den indsamlede viden ved bygning af anlæg og driften af systemet.

De egenskaber, som anlægget sikres gennem Kraftværksspecifikationerne, skal opretholdes gennem hele anlæggets levetid ved vedligeholdelse og kontrol.

Specifikationerne er at betragte som minimumskrav. Hvor bedre egenskaber kan opnås, uden større omkostninger, bør dette sikres.

### 1.3 Grundlag

De foreliggende krav bygger på de oprindelige Kraftværksspecifikationer fra 1977 ARN-77/179 "Kraftværksspecifikationer for effektudbygningen i 80'erne" med revision i 1987 (notat S87-56g). I kravene er indarbejdet erfaringerne med de tidligere specifikationer. Der er ved udarbejdelsen lagt vægt på at koordinere med og anvende erfaring fra både NORDEL- og UCPTE-samarbejderne.

I ELSAMs baggrundsnotat "Systemkrav til produktionsanlæg" er ELSAMs samlede krav til de tilsluttede enheder beskrevet. Bagest i baggrundsnotatet er der anført en udførlig referenceliste. Ref. 1.

*Bemærkning: UCPTE: Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité. Elsamarbejde i vesteuropa.*

*NORDEL: Elsamarbejde mellem Danmark, Sverige, Norge, Finland og Island.*

#### 1.4 Opbygning

Nærværende Kraftværksspecifikationer omfattende området 2-50 MW er udarbejdet på baggrund af baggrundsnotat "Systemkrav til produktionsanlæg", ref. 1.

Ud over nærværende specifikationer for anlæg mellem 2 og 50 MW findes der specifikationer for anlæg i området:

- 0-2 MW            ELSAM-notat N91/SP-515, Kraftværksspecifikationer for produktionsanlæg < 2 MW, ref. 2.
- Over 50 MW      Eksisterende Kraftværksspecifikationer finder anvendelse.
- Vindmøller        Der henvises til DEFU-rekommandation.

Nærværende specifikationer finder ikke anvendelse for kondensationsanlæg. Disse skal behandles efter særskilt ansøgning.

Øvre grænse for nærværende specifikationer er 50 MW, og den nedre grænse er 2 MW. (Kontinuerlig maksimaleffekt).

Kriteriet er den samlede elydelse, således at delanlæg med ydelse mindre end 2 MW, men med samlet ydelse større end 2 MW, er omfattet af nærværende krav.

For såvel anlæg på 2,0 MW som anlæg på 50,0 MW gælder, at de er omfattet af nærværende specifikationer.

I nærværende specifikationer er der efter de fleste punkter anført en "bemærkning". Bemærkningen er tænkt som hjælp til den projekterende.

#### 1.5 Ansvarlig

ELSAMs Planlægningsudvalg er ansvarlig for koordinering af Kraftværksspecifikationerne.

Udvalget

- sikrer, at specifikationerne følges,

- kan efter indhentning af bemærkninger fra relevante fagudvalg give tilladelse til afvigelser fra specifikationerne,
- tager initiativ til revision af specifikationerne.

## 1.6 Myndighedskrav, normer og standarder

For områder, der ikke dækkes af kraftværksspecifikationerne, anvendes CEN/CENELEC-normer, og for områder, hvor disse ikke findes, anvendes ISO- og IEC-normer.

Ved nye anlæg fastlægges fra myndighedsside en række vilkår for anlæggets etablering og drift. Bygherren skal gennem sine forhandlinger med myndighederne sikre, at sådanne vilkår tilgodeser de behov, som anlæggets og systemets drift nødvendiggør. Regler eller vilkår, som på væsentlig vis strider mod dette hensyn, skal behandles i ELSAMs Planlægningsudvalg som en dispensationssag.

## 2. Effekt

### 2.1 Definitioner

Effektverdier refererer til indfødningspunkt til elnettet. Ved indfødningspunktet i nettet forstås det punkt i nettet, hvor elafregning henføres til.

Kontinuerlig maksimaleffekt: 100% last.

*Bemærkning: Kontinuerlig maksimaleffekt svarer normalt til bruttoydelsen minus egetforbruget. Der gøres opmærksom på, at fjernvarmetransportpumper eksempelvis ikke henføres til egetforbruget.*

### 2.2 Overbelastningsevne

Der stilles ingen krav til overbelastningsevne.

### 2.3 Teknisk minimum

Teknisk minimum er den minimale eleffekt (MW), som anlægget kan køre ved i kontinuert drift og med normal driftskonfiguration.

For at sikre fleksibilitet i driften af systemet skal teknisk minimum for alle anlæg være så lav, som det er praktisk muligt.

Anlægget skal kunne reguleres til teknisk minimum fra start eller høj last og kunne forblive i dette driftspunkt uden tidsbegrænsning, bortset fra de begrænsninger, der ligger i varmeaftaget.

Krav til teknisk minimum for respektive anlægstyper fremgår af bilag 1.

## 2.4 Referencebetingelser

For anlæg afhængig af udeluft bestemmes kontinuerlig maksimaleffekt ved en udelufttemperatur på 8°C (middeltemperatur for året).

Ud over ydeevnen ved ovennævnte referencebetingelse skal anlæggets absolutte maksimale effekt angives med de dertil svarende værdier for de betydende parametre af hensyn til systemdimensioneringen.

Effektvardi for alle anlæg skal angives og regnes i MW med én decimal.

Anlæggets ydeevne skal igennem hele levetiden følges, og ved konstaterede uoverensstemmelser mellem de forventede og de konstaterede værdier korrigeres anlægsstørrelse.

*Bemærkning: Af hensyn til dimensionering af nettilslutningen og det omgivende net er det nødvendigt at få fastlagt anlæggets maksimale effekt. Anlæggets størrelse indgår ligeledes i systemets samlede effekttopgøelse og kan have betydning i forbindelse med afregning.*

## 3. Frekvensforhold

Anlæggene skal kunne klare de frekvensforhold, som optræder med en relativ høj sandsynlighed med de mindst mulige lastreduktioner.

Med spændinger i fuldlastområder (afsnit 4.1) i indfødningspunktet stilles følgende krav (se også bilag 2):

1. Ved frekvenser under 47,0 Hz skal udkobles efter 0,3 s (relætid).  
Ved frekvenser under 47,5 Hz tillades udkobling efter 10,0 s.  
Udkoblingen styres af frekvensrelæer, hvis funktionsværdi højst må afvige med 0,1 Hz.

Der er ingen lastkrav under 47,5 Hz.

2. Ved frekvenser mellem 47,5 og 49,0 Hz må lasten aftage lineært fra 100% ved 49,0 Hz til 85% ved 47,5 Hz. Mindst 25 minutters drift ved frekvenser mellem 48,0 og 49,0 Hz. Mindst 5 minutters drift ved frekvenser mellem 47,5 og 48,0 Hz.
3. Ved frekvenser mellem 49,0 og 50,3 Hz kræves kontinuert drift ved kontinuerlig maksimaleffekt. Normalt holdes frekvensen inden for grænserne  $50 \pm 0,1$  Hz.
4. Ved frekvenser mellem 50,3 og 51,0 Hz er drift ved kontinuerlig maksimaleffekt begrænset til nogle få gange pr. år og maksimalt 30 min. pr. gang.
5. Ved frekvenser mellem 51,0 og 53,0 kræves **kortvarig drift** uden lastkrav. Normalt vil drift i dette område alene optræde ved reguleringsforløb.
6. Ved frekvenser over 53,0 Hz tillades udkobling efter 0,3 s.
7. Anlæggene skal være således udformet, at de ikke udløser for de frekvensderivater, der normalt forekommer ved fejl på nettet. Udkobling ved  $df/dt$ -relæ tillades i henhold til afsnit 8.

*Bemærkning: For overholdelse af ovenstående krav kan anbefales termisk overdimensionering af generator (stator og rotor) ved udlægning til klasse F-isolation, men drevet i henhold til klasse B ved normaldrift.*

#### 4. Spændingsforhold

Anlægget skal kunne klare de spændingsforhold, som optræder med relativ stor sandsynlighed.

Kravene til spændingsforhold må ses i sammenhæng med kravene til drift ved unormale frekvenser.

Anlæg skal tilsluttes på det af det lokale forsyningsselskab ønskede spændingsniveau samt ønskede tilslutningspunkt i nettet.

*Bemærkning: Det er det lokale forsyningsselskab, der har bemyndigelse til at fastslå, hvilket spændingsniveau et nyt generatoranlæg skal tilkobles på. Det anbefales tidligt i projektet at tage kontakt til det lokale forsyningsselskab for at få fastlagt spændingsniveau for tilslutning samt spændingstolerancer.*

*Det lokale forsyningsselskab vil tage beslutning om spændingsniveau ud fra anlæggets størrelse og kortslutningseffekt. Ref. 3.*

*I bilag 3 er vist eksempel på tilslutning af egetforbrugsanlæg.*

#### 4.1 Definitioner

Spændingsværdierne refererer til indfødningspunktet.

Spændingsbetegnelse	Maksimal driftsspænding kV	100% spænding kV	Fuldlastområde kV	Fuldlastområde %
10 kV	12	10,5	10,0-11,0	95-105
15 kV	17,5	15,0	14,3-15,8	95-105
20 kV	24	20,0	19,0-21,0	95-105
60 kV	72,5	64,0	57,6-67,2	90-105
150 kV	170	162	146-170	90-105

Ad 100% spænding: Valgt således, at fuldlastområdet giver det mest normale spændingsområde for 100% effekt og frekvenskrav.

Normal driftsspænding for 150 kV er 168 kV.

For tilslutning under 150 kV er de angivne værdier kun vejledende. De aktuelle værdier skal i hvert enkelt tilfælde aftales med elselskabet.

#### 4.2 Drift ved normale spændinger

Anlægget skal ved spændinger i fuldlastområdet og  $\text{tg}(\varphi)$  mellem -0,1 og 0,4 kunne levere kontinuerlig maksimaleffekt.

Kravet gælder i frekvensområdet 49,0-50,3 Hz.



### 4.3 Kontinuert drift/start ved lave spændinger

Anlægget skal i frekvensområdet 49,0-50,3 kunne starte og køre kontinuert med automatisk spændingsregulering ved spændinger i indfødningspunktet på:

For 60 kV 85-105%.

For 150 kV 75-105%.

For de øvrige spændingsniveauer 90-105%.

Anlæggets startmotor og hjælpeanlæg skal udlægges for start og kontinuert drift i samme spændingsområde, hvis der ikke etableres viklingskoblere.

Ved lave spændinger tillades lastreduktion proportionalt med spændingsreduktionen fra den nedre grænse i fuldlastområdet.

Den nedre spændingsgrænse, hvortil der er stillet krav om produktion, er ikke nødvendigvis den absolutte minimale spænding, der kan forekomme på nettet.

Den nedre spændingsgrænse skal aftales med det lokale forsyningsselskab.

*Bemærkning: Da det dimensionerede krav ved 60 kV kan medføre problemer ved udlægning af bl.a. generator, magnetiseringssystem og øvrig hjælpeudrustning, vil det være en fornuftig løsning, at maskintransformeren udstyres med viklingskobler. Se den anbefalede anlægskobling i bilag 3.*

*For tilslutning til spændingsniveauer lavere end 60 kV bør der tages lokale hensyn, hvorfor det anbefales at kontakte det lokale forsyningsselskab.*

### 4.4 Spændingsregulator for synkrogeneratorer

Alle anlæg skal udføres med synkrogenerator.

Normalt vil valget af magnetiseringssystem være bestemt ud fra det, den pågældende leverandør af generatoren selv foretrækker og har størst erfaring med.

Magnetiseringssystemet bør ikke have en forstærkning over 20 for frekvenser i pendlingsområdet (0,2-1,5 Hz).

I tilfælde af netforstyrrelser, der medfører spændingsreduktioner, skal generatoren ved mærkeeffekten kunne overmagnetiseres 1,6 gange med en varighed på mindst 10 s.

Nominal exiter respons-ratio skal være større end  $1,5 \text{ s}^{-1}$ . Ref. 4.

For anlæg tilsluttet på 150 kV skal spændingsregulatoren udrustes med tilsatsudstyr til dæmpning af pendlinger. Det bør være den samme fabrikant, der leverer spændingsregulatoren og tilsatsudstyret. Tilsatsudstyret skal optimeres for pendlinger i frekvensområdet 0,2-0,7 Hz.

Anlæg tilsluttet 60 kV eller lavere spændingsniveauer skal udstyres med  $\text{Cos}(\varphi)$ -regulering.  $\text{Tg}(\varphi)$  skal kunne nedreguleres til - 0,1, hvis spændingen stiger til over en af det lokale forsyningselskab fastsat spænding.

Driftsformen skal nedfældes i en aftale med det lokale forsyningselskab.

#### 4.5 Tilladelige spændingsvariationer ved lastændring og ved ind- og udkobling

Ved tilslutning på 10 og 20 kV må spændingen på 400 V nettet ikke påvirkes, således at DEFU-rekommandationerne ikke overholdes.

Ved nettilslutning skal gældende DEFU-specifikationer herfor være opfyldt. Ref. 3.

Anlæg tilsluttet på lavspændingsniveau skal - med hensyn til spændingsgrænser i indfødningspunktet - overholde DEFU-rekommandation nr. 16. Ref 5.

Andet kan dog aftales med det lokale forsyningselskab.

Man bør være opmærksom på, at spændingsspringet ved udkobling kan være væsentlig større end ved indkobling.

*Bemærkning: For uddybning af ovennævnte krav henvises til de nævnte DEFU-publikationer.*

*Tilladelige spændingsvariationer oplyses af det lokale forsyningselskab.*

#### 4.6 Systemjordinger

10, 15, 20 og 60 kV-net (med luftledninger):	Slukkespolejordet.
10, 15 og 20 kV-net (rene kabelnet):	Isoleret eller slukkespolejordet.
150 kV-net:	Effektivt jordet.

Drift med enfaset jordfejl på slukkespolejordnet net kan forekomme i længere tid.

Jording af generatorstjernepunkt må ikke ændre nettets jordingsforhold.

*Bemærkning: Vær opmærksom på systemjordinger i det net, der tilsluttes på.*

## **5. Effektregulering**

Systemets krav til regulering er opdelt i:

- Lastplanregulering.
- Primærregulering.
- Sekundærregulering.
- Tertiærregulering.

### **5.1 Lastplanregulering**

Anlæg, der er større end eller lig med 10 MW, skal kunne deltage i lastplanregulering.

Lastplanreguleringen sker efter en lastplan. Lastplanen er udarbejdet i forvejen på basis af prognoser for belastningens størrelse.

Anlæg skal bygges, således at de kan indgå i lastplanreguleringen med de størst mulige reguleringshastigheder, og der må mindst kræves de i bilag 1 nævnte reguleringshastigheder.

Lastplanreguleringen vil normalt blive udformet som mindre forskydninger af driftsperioden og ikke ved krav om daglige op- og nedkørsler eller dellast.

### **5.2 Primærregulering**

Alle anlæg skal kunne yde primærregulering. Undtaget herfra er dog affaldsfyrede anlæg samt anlæg, hvis primære opgave er procesafhængig (dampproduktion eller forbrænding af biogas).

Primærreguleringen skal sikre et hurtigt, automatisk svar på frekvensændringer forårsaget af ubalancer mellem produktion og forbrug, således at frekvensen stabiliseres. Primærreguleringen er en proportionalregulering, hvor reguleringssignalet er afvigelsen mellem referencefrekvensen og den aktuelle frekvens.

Frekvensdelen af reguleringsudstyret skal have:

- en følsomhed på  $\pm 10$  mHz.
- en forstillelig referencefrekvens i arbejdsområdet med opløselighed ved indstilling på 50 mHz.
- Statikken skal være indstillelig indenfor 2-8%. Den normale indstilling vil være 4-6%.

Der tillades et indstilleligt frekvensdødbånd med mindste indstillingsværdi på  $\pm 50$  mHz. Dette dødbånd skal kunne udkobles.

Det er ikke et krav, at anlæg normalt deltager i primærreguleringen.

*Bemærkning: Det nævnte krav kan overholdes af normalt godt udstyr på denne størrelse anlæg.*

*Med den nuværende driftsform, hvor der er et dødbånd på  $\pm 150$  mHz i primærreguleringen, er frekvensvariationer ved paralleldrif med UCPTTE så små, at indgreb fra primærreguleringen højst sker nogle gange pr. år.*

### 5.3 Sekundærregulering

Sekundærregulering er en central beordret ændring af lasten, således at frekvens og udveksling med udlandet får ønskede værdier. Ved paralleldrif med UCPTTE er formålet med sekundærreguleringen at holde udvekslingen med PreussenElektra inden for aftalte grænser. Ved  $\emptyset$ -drift er formålet at holde frekvensen tæt ved 50 Hz. Det løbende reguleringsarbejde sker i dag hovedsageligt over sekundærreguleringen, da frekvensen ved paralleldrif med UCPTTE er så konstant, at primærreguleringen sjældent griber ind.

Ved udlægning af anlæggene bør der sikres størst mulig reguleringshastighed, og de i bilag 1 anførte reguleringshastigheder anvendes til både lastplanregulering og sekundærregulering.

*Bemærkning: Ved reguleringshastighed forstås %-sats af kontinuerlig maksimaleffekt, som driftsvarmt anlæg kan reguleres med pr. minut.*

*Ved normal drift af anlægget stilles der ikke krav om overholdelse af reguleringshastigheder.*

*Det anbefales, af hensyn til anlæggets driftsøkonomi og driftsfleksibilitet, at der etableres akkumulatortank.*

#### **5.4 Tertiærregulering/starttider**

Begrebet tertiærregulering anvendes i UCPTTE-sammenhæng om den overordnede optimering under drift. Der tænkes her bl.a. på genetablering af reserver, primært reserver, der er tilgængelige fra 10 min. og opefter. Der arbejdes med begreberne Minutten- og Stunden-reserver (i NORDEL tilsvarende med hurtige og langsomme reserver). Tertiære reserver med starttider mindre end ca. 15 min. er særdeles værdifulde, idet de evt. kan aktiveres, før ledningsoverbelastninger eller spændingskollaps mørklægger et område.

Starttider for gasmotorer og gasturbiner skal derfor gøres så korte som muligt.

For gasfyrede anlæg skal tillige sikres, at tiden fra udkobling til gensynkronisering bliver så kort som mulig.

Ved udlægning af fastbrændselsfyrede anlæg skal det sikres, at den nødvendige forberedelsestid forud for tænding er så kort som mulig.

Anlæg skal opfylde de i bilag 1 anførte krav til starttider.

*Bemærkning: Ved starttid opereres med 2 begreber:*

- *Starttid varm*
- *Starttid efter udkobling.*

*Starttid varm: Tiden fra startordre (tryk på start) til anlægget kan synkronisere. Varm betyder mindre end 10 timer siden sidste stop.*

*Starttid efter udkobling: <sup>Maximumtid 2</sup> Minimumstiden fra udkobling til gensynkronisering.*

*For motoranlæg og gasturbiner anses en start for påbegyndt ved "starttryk" for anlægget, det vil sige alle nødvendige forberedelser for starten, udluftning m.m. er indeholdt i starttiden. Start er tilendebragt ved synkronisering.*

*For fastbrændselsfyrede anlæg anses en start for påbegyndt ved tænding af første brænder eller ved optænding af fyr.*

*Ovenstående starttider finder anvendelse, hvor det ikke er anlægsfejl, men derimod spændings- eller frekvensfejl, der har forårsaget udkoblingen, hvorfor det ønskes at komme på nettet igen hurtigst muligt.*

## 6. Egenforsyningsanlæg

### 6.1 Elektriske koblinger

Der stilles ingen krav til elektriske koblinger.

*Bemærkning: I bilag 3 er vist eksempel på tilslutning af egenforsyningsanlæg.*

### 6.2 Krav til egenforsyningsanlæg og hjælpeanlæg under netfejl

Udfald af produktionsanlæg på grund af lave forsynings- og manøvrespændinger ved kortslutninger i nettet må ikke forekomme. **Der kræves derfor sikret forsyning af de til driften nødvendige manøvrespændinger eller ligeværdige løsninger.**

Egenforsyningsanlægget og hjælpeanlæggene skal være dimensioneret, så enheden kan tåle nedennævnte spændingsdyk i indfødningspunktet til egenforsyningsanlægget uden at blive koblet fra nettet:

- Dyk til 50% af nominel spænding samtidigt i alle tre faser i 1,0 s.
- Dyk til 0% spænding i en fase i 1,0 s.

Anlæggets egenforsyningsanlæg og hjælpeanlæg skal være udlagt således, at enheden kan blive på nettet med maksimalt 10% lastreduktion efter at have været udsat for ovennævnte spændingsdyk.

*Bemærkning: Styrings-, regulerings- og overvågningsanlæg (SRO-anlæg), oliepumper, kontaktorer m.v. er eksempler på kritiske anlægsdele, som der specielt skal tænkes på ved dimensionering af egenforsyningsanlægget for at hindre udfald af enheden ved kortslutninger i nettet. Samtidigt spændingsdyk i alle tre faser har betydning for motorer, mens spændingsdyk i en fase specielt har betydning for SRO-anlæg og kontaktorer med selvhold.*

## **7. Blok- og område-ø-drift**

### **7.1 Definitioner**

Ved blok-ø-drift drives anlægget isoleret fra nettet og med sit eget hjælpekraftssystem som eneste belastning.

Ved område-ø-drift forsyner anlægget et isoleret område enten alene eller som dominerende enhed.

Overgangen til blok-ø-drift kan være forårsaget af netfejl såsom over- og underfrekvens eller spændingsafvigelse, der er af en sådan karakter, at anlægget må beskyttes herimod. Formålet med blok-ø-drift er at sikre, at anlægget er til rådighed umiddelbart efter, at fejlen er afhjulpet.

Område-ø-drift kan være nødvendig i forbindelse med større fejl i højspændingsnettet - også på niveauer højere end tilslutningsniveau.

### **7.2 Krav til blok- og område-ø-drift**

For alle anlæg accepteres, at de udkobles ved påvirkninger, der ligger uden for de specificerede krav uden at gå i blok-ø-drift. Den systemmæssige betydning af en eventuel blok-ø-drift vurderes som beskeden i forhold til udgiften for at sikre en sådan driftsform. I stedet skal sikres, at anlægget har korte starttider efter en udkobling.

Af hensyn til risiko for en asynkron sammenkobling og af hensyn til overskueligheden i nettet efter en fejl bør utilsigtet område-ø-drift undgås. Anlægget bør dog kunne forsyne et passende område i område-ø-drift efter særlig driftslederaftale ved længere varende forstyrrelser.

## **8. Beskyttelse**

Det er anlægsejerens ansvar at dimensionere og beskytte anlægget mod påvirkninger af kortslutningsstrømme, tilbagevendende spændinger ved bortkobling af netkortslutninger samt mod asynkron sammenkobling.

Anlægsejeren skal i samarbejde med elforsyningsselskabet etablere en beskyttelse, der i videst muligt omfang sikrer net og forbrugere mod uacceptable frekvens- og spændingspåvirkninger, påvirkninger af kortslutningsstrømme og asynkron sammenkobling. Be-

skyttelsen skal i videst muligt omfang hindre unødvendige udkoblinger af produktionsanlægget og af forbrugere.

Af hensyn til nettet **skal** de i bilag 4 angivne relæbeskyttelser og -indstillinger anvendes. Synkronspændingsrelæets indstilling er afhængig af nettets kortslutningseffekt og beskyttelsesprincipper samt af generatordata. Ud fra oplysninger om generatordata beregner elselskabet den aktuelle indstilling (ref. 6):

Relæbeskyttelsen skal ved indre kortslutninger i generatoranlægget være selektiv med netbeskyttelsen; det vil sige, kortslutninger i generatoren skal udkobles inden for 100 ms.

I bilag 5 er angivet supplerende relæbeskyttelser og -indstillinger, der yderligere kan sikre produktionsanlægget.

Ud over de i bilag 4 og 5 nævnte relæer kan der etableres relæbeskyttelse specielt rettet mod fejl i produktionsanlægget; herunder kortslutninger, overhastighed, magnetiseringsovervågning, retureffekt m.v. Sådanne relæer må ikke udkoble enheden ved kortslutninger eller omlægninger i nettet.

Relæbeskyttelse, der ikke er nævnt i bilag 4 eller 5, og som kan udkoble ved kortslutninger eller omlægninger i nettet, må kun anvendes, hvor en lokal, speciel netopbygning gør dette nødvendigt. En sådan relæbeskyttelse må kun etableres med tilladelse fra elselskabet og indstillingsværdierne skal godkendes af elselskabet.

## 8.1 Genindkobling i nettet

Efter kortslutninger i nettet foretages automatisk eller manuel genindkobling (én- og trepolet genindkobling). Genindkoblingsprocedurer i nettet er som følger:

- På 10 og 60 kV anvendes trepolet genindkobling.
- På 150 og 400 kV anvendes en- og trepolet genindkobling.

Almindeligvis anvendes nedennævnte spændingsløse pause:

- "hurtig", trepolet genindkobling : 270-500 ms.
- "hurtig", enpolet genindkobling : 1,0-1,2 s.
- "langsom", trepolet genindkobling: 20-30 s.

Såfremt automatiske genindkoblinger mislykkes, er det normalt, at der foretages en manuel genindkobling, typisk efter 5-10 min.



*Bemærkning: Det anbefales at få oplyst endelige data for genindkobling hos det lokale forsyningsselskab.*

## 8.2 Asynkron sammenkobling

Med kravene og anbefalingerne i nærværende kraftværksspecifikationer samt det i ref. 6 angivne koncept og omfang af relæbeskyttelsen, tilstræbes det undgået, at der forekommer asynkron drift og asynkron sammenkobling af net og generatoranlæg.

Ved afbrydelser i nettet, hvor det decentrale anlæg kommer i område- $\emptyset$ -drift, er der stor risiko for indkobling i modfase, hvorfor det er nødvendigt, at anlæg tilsluttet 60 kV eller lavere spænding kobles ud ved utilsigtet område- $\emptyset$ -drift.

Ved kortslutninger i nettet, hvor der anvendes automatisk genindkobling, og hvor det decentrale anlæg kommer i område- $\emptyset$ -drift i den spændingsløse pause, skal beskyttelsen inden den under afsnit 8.1 angivne genindkoblingstid have detekteret fejlen og udkoblet anlægget.

Kortslutninger i nettet, der kan medføre område- $\emptyset$ -drift, kan forventes at blive detekteret af synkronspændingsrelæet.

Område- $\emptyset$ -drift, der skyldes fejlmanøvrer, fejl i fjernkontroludstyr, Buchholz-udløsning af transformer m.v., kan ofte detekteres af et  $df/dt$ -relæ.

En fuldstændig sikkerhed imod alvorlige påvirkninger på anlæg kan på trods af de anbefalede relæer ikke opnås, idet asynkron sammenkobling af net og generator vil kunne forekomme ved netomlægninger og ukendte fejl og mangler ved relæbeskyttelsen.

**Det anbefales derfor, at det under projekteringen af ethvert anlæg undersøges og vurderes, om anlægget bør dimensioneres så robust, at det kan tåle asynkron sammenkobling, idet meromkostningerne herved sammenholdes med den formindskede risiko for skader på anlægget.**

## 9. Levetidsspecifikation

For de anlægstyper, der modtager direkte effektbetaling baseret på en effektmåling, skal der opstilles en levetidsspecifikation.

*Bemærkning: Anlæg, der afregnes efter tretidstarif, er ikke omfattet af ovenstående.*

## 10. Eftervisning og prøver

Der kan til enhver tid kræves dokumentation for, at anlæggene opfylder Kraftværksspecifikationerne.

Omfang og form for eftervisning/afprøvning udføres efter retningslinier udarbejdet af ELSAMs Planlægningsudvalg. Der kan blive tale om såvel teoretisk dokumentation som afprøvning.

## 11. Referencer

Kopi af nedenstående referencer forefindes ved sekretæren for ELSAMs Planlægningsudvalg. De i referencelisten nævnte ELSAM-notater kan rekvireres ved ELSAM.

1. ELSAM-notat N91/NP 134 "Systemkrav til produktionsanlæg". Bagest i notatet er anført en udførlig referenceliste.
2. ELSAM-notat N91/SP-515 "Kraftværksspecifikationer for produktionsanlæg < 2 MW.
3. DEFU. Komitérapport nr. 88 - Nettilslutning af decentrale produktionsanlæg.
4. CENELEC 34.1 paragraf 24.2.4.
5. DEFU-rekommandation nr. 16 - Spændingskvalitet i lavspændingsforsyningsnet.
6. DEFU. Teknisk rapport nr. 293, 2. udgave - Relæbeskyttelse ved decentrale produktionsanlæg.

### Krav til starttider, reguleringshastighed og teknisk minimum

	Sekundær regulering, varm	Lastområde elydelse	Teknisk minimum el	STARTTIDER			
				Efter 10 h		Efter udkobling	
				Til synkronisering	Til fuld effekt	Til synkronisering	Til fuld effekt
Gasmotor	10%/min.	50-100%	50%	10 min.	20 min.	3 min.	4 min.
Gasturbine m. udstødskedel	10%/min.	20-100%	20%	20 min.	40 min.	30 min.	45 min.
Kombianlæg	10%/min.	20 - 100% (75 - 100%)	20% (75 %)	20 min.	40 min. (60 min.)	30 min.	45 min. (75 min.)
Halmfyret kraftvarmeværk	4%/min.	50-100%	50%	60 min.	90 min.	30 min.	45 min.
Flisfyret kraftvarmeværk	4%/min.	50-100%	50%	60 min.	90 min.	30 min.	45 min.
Fluid-bed fyret kraftvarmeværk	4%/min.	50-100%	50%	90 min.	120 min.	45 min.	60 min.
Affaldsfyret kraftvarmeværk	-----	-----	70%	-----	-----	-----	-----

Hvor der indgår flere anlægstyper i samme produktionsanlæg gælder de anførte krav for respektive delproduktionsanlæg enkeltvis.

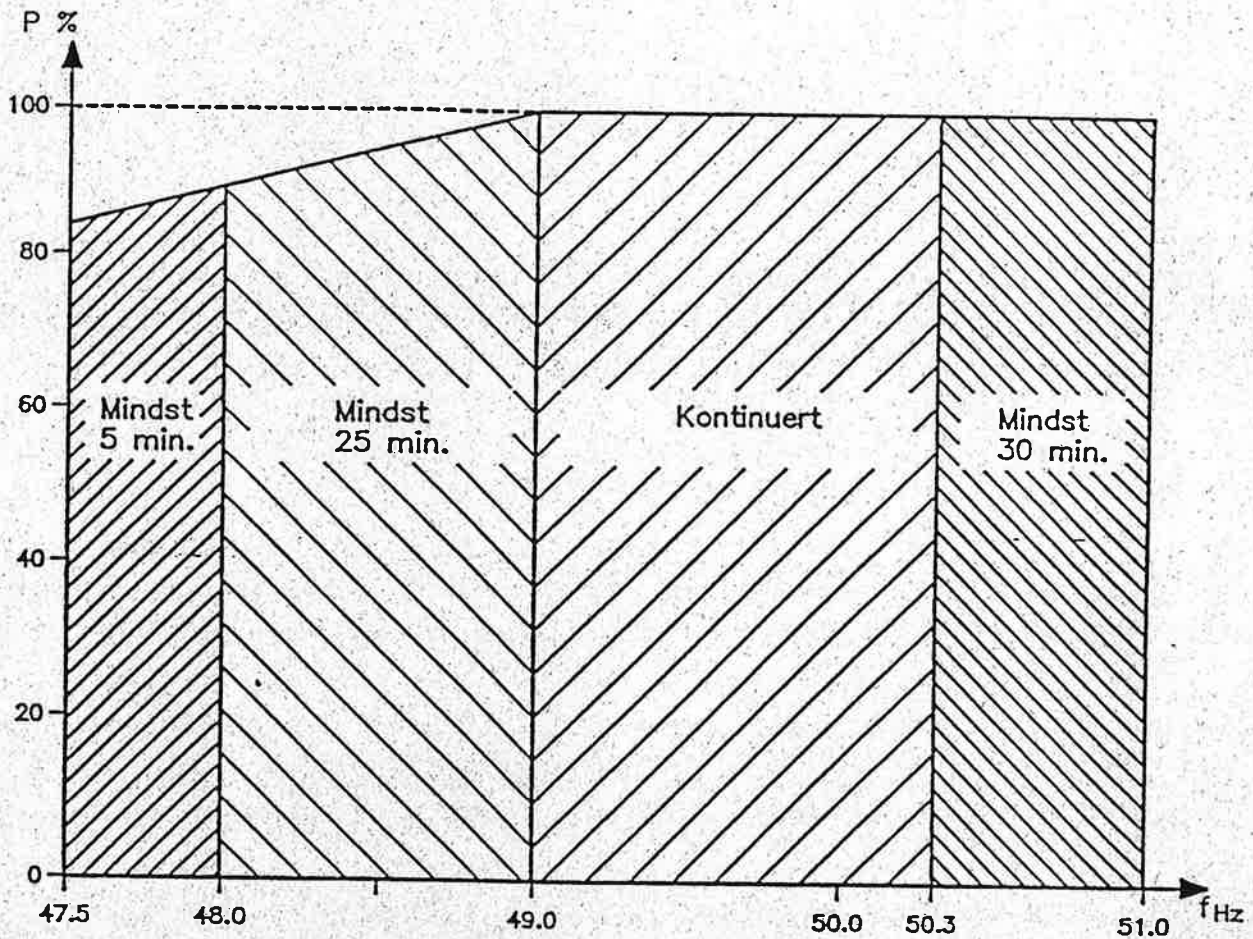
De angivne %-værdier refererer til kontinuerlig maksimaleffekt. De angivne %-værdier gælder for et driftsvarmt anlæg.

( ) angiver data/tider for dampturbiner i kombianlæg.

Starttider efter 30-50 timers stilstand skal for gasfyrede anlæg søges holdt tilsvarende start efter 10 timer stilstand.

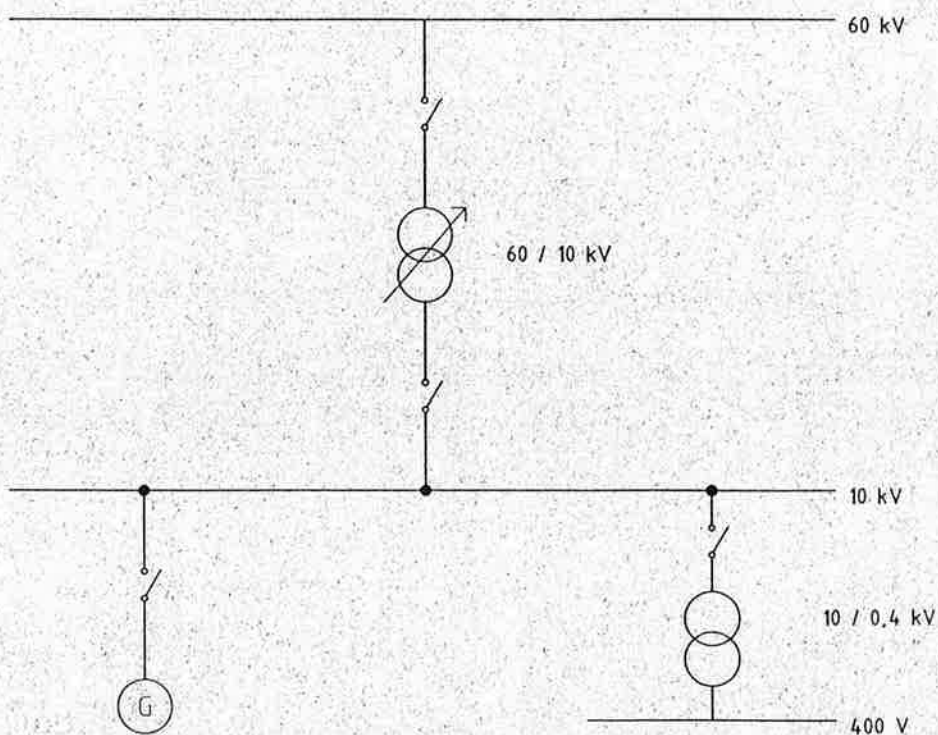
For fastbrændselsfyrede anlæg - hvor der er tale om starttider op til 9 timer - skal antallet af koldstarter minimeres, evt. ved stilstandsopvarmning.

## Effekt, frekvens og tid



Minimumskrav på sammenhørende værdier for effekt, frekvens og tid.  
Skemaet gælder for spændinger i fuldlast området som defineret i afsnit 4.1

# FORSLAG TIL NETTILSLUTNING PÅ 60 kV



## Påbudt relæbeskyttelse på synkrongeneratoranlæg

Af hensyn til nettet skal der etableres følgende relæbeskyttelsesfunktioner med **angivne indstillinger**:

Relætype	Symbol	Indstilling	Funktionstid	Tilstræbt beskyttelsesformål	Note
Underspænding, synkronkomponent	$U_{1c}$	ca. 70%	$\leq 50$ ms	Sikre mod opretholdelse af lysbue ved netfejl, asynkron sammenkobling med net ved genindkobling efter netfejl og tab af synkronisme	1
Overspænding, trefaset	$U_{>>}$	230V+10%	$\leq 50$ ms	Beskytte forbrugere mod unacceptable påvirkninger	2, 3
	$U_{>}$	230V+6%	30-60 s		2, 3
Underspænding, trefaset	$U_{<}$	230V-10%	2-10 s		
Overfrekvens	$f_{>}$	53,0 Hz	300 ms		
Underfrekvens	$f_{<}$	47,0 Hz	300 ms		
Overstrøm	$I_{>>}$	$\geq \frac{U_N \sqrt{3}}{X_d' + X_{k,G}}$	$\leq 50$ ms	Reservebeskyttelse; udkobling ved interne fejl og tabt synkronisme	4, 5
Stator-differentialbeskyttelse	-	2-20%	$\leq 50$ ms	Udkobling ved indre generatorfejl	4

Med funktionstid menes den tid, hvori udløsebetingen konstant skal være opfyldt, før relæet må afgive udløsesignal. Der er altså ikke tale om en simpel tidsmæssig forskydning af udløsesignalet.

- Note 1: Indstillingen afhænger af de lokale generator- og netdata; de 70% er kun en typisk værdi. Den aktuelle indstilling beregnes af elselskabet (ref. 6).
- Note 2: Værdierne gælder for 0,4 kV-net. Den aktuelle indstilling for 10-20 kV-net må beregnes ud fra omsætningsforholdet for spændingstransformere ved produktionsanlægget og for nettransformere i anlæggets omegn.
- Note 3: For anlæg tilsluttet 0,4 kV-forsyningsnet skal der måles fase-nul-spændinger. For anlæg tilsluttet 10 kV-net skal der måles yderspændinger.
- Note 4: Mindst én af disse to beskyttelser skal anvendes for at sikre hurtig udkobling af anlægget ved interne fejl.
- Note 5:  $U_N$  og  $X_d'$  er generatorens mærkespænding (yderværdi i V) og subtransiente reaktans (faseværdi i  $\Omega$ ).  $X_{k,G}$  er nettets kortslutningsimpedans på generatorklemmerne i  $\Omega$  pr. fase.

Kun efter **tilladelse** fra elselskabet må der anvendes **relæindstillinger, der afviger** fra de angivne.

## Supplerende relæbeskyttelse på synkrogeneratoranlæg

Som supplerende beskyttelse for yderligere at sikre produktionsanlægget ved fejl i nettet kan etableres følgende relæbeskyttelsesfunktioner med angivne indstillinger:

Relætype	Symbol	Indstilling	Funktionstid	Tilstræbt beskyttelsesformål	Note
Frekvensændring	df/dt	$\geq +2,5$ Hz/s $\leq -2,5$ Hz/s	80-100 ms	Supplerende beskyttelse mod asynkron sammenkobling med net	1, 2
Vektorspring eller fasespring	$\Delta\phi$	$> 8^\circ$ trefaset $> 30^\circ$ énfas	Momentan	Som df/dt-relæet, se dog note	2, 3
Overstrøm	$I_{>}$	$\geq \frac{U_N / \sqrt{3}}{X_d'' + X_k}$	$\leq 50$ ms	Reservebeskyttelse; udkobling ved interne fejl og tabt synkronisme	4
	$I_{>}$	$\geq 1,2 \cdot I_N$	$\geq 0,8$ s	Overbelastnings- og reservebeskyttelse	
Statordifferentialbeskyttelse	-	2-20%	$\leq 50$ ms	Udkobling ved indre generatorfejl	4
10 kV nulspænding	$U_0$	20%	60 s	Beskytte generator ved søgning efter jordfejl	
Underfrekvens II	$f_c$	$\leq 47,5$ Hz	$\geq 10$ s	Eventuel generator-motorbeskyttelse	
Inversspænding	$U_{2>}$	$I_2 \cdot X_2$	3-10 s	Beskytte generator ved fasebrud	5
Inversstrøm	$I_{2>}$	5-20%	3-10 s		

Med funktionstid menes den tid, hvori udløsebetingsen konstant skal være opfyldt, før relæet må afgive udløsesignal. Der er altså ikke tale om en simpel tidsmæssig forskydning af udløsesignalet.

Note 1: *2. udgave* Det anbefales at supplere med et df/dt-relæ. Der stilles krav til relæets funktionsprincip, jf. DEFU TR293. <sup>2</sup> Elselskabet kan i nogle tilfælde kræve en mindre følsom indstilling, dog ikke mere end +3,5 Hz/s henholdsvis -3,5 Hz/s.

Note 2: For anlæg tilsluttet 0,4 kV-forsyningsnet skal der måles fase-nul-spændinger. For anlæg tilsluttet 10 kV-net skal der måles yderspændinger.

Note 3: df/dt-relæet giver en væsentlig mere følsom beskyttelse af produktionsanlægget uden øget risiko for udkobling ved ukritiske netfejl og bør derfor foretrakkes frem for vektorspringrelæ.

Note 4: Mindst én af disse to beskyttelser skal anvendes; jf. bilag 4.

Note 5: Den vejledende inversstrømsindstilling i p.u. kan omregnes til en tilsvarende inversspændingsindstilling ved at gange med generatorens inversimpedans i p.u. Kendes  $X_2$  ikke, kan den tilnærmes ved  $(X_d'' + X_k)/2$ . For at undgå fejludkoblinger skal der tages hensyn til relæets målenøjagtighed.

Kun efter tilladelse fra elselskabet må der anvendes relæindstillinger, der afviger fra de angivne.

3. pkt =  $I_{>}$

$$\geq 0,8 \frac{U_N / \sqrt{3}}{X_d'' + X_k}$$

$t \geq 0,2$  s

(Jørgen Holten / JHK)  
11/10 25