



ELEKTRISITETSTILSYNETS RETNINGSLINJER
FOR
PRØVING AV ELEKTRISKE ANLEGG
OM BORD I SKIP

NVE, ELEKTRISITETSDIREKTORATET
1. DESEMBER 1980

INNHold:

KAPITTEL 0 BRUK AV RETNINGSLINJENE

KAPITTEL 1 GENERELT OM PRØVINGEN

- 1.1 TIDSPUNKT FOR PRØVING
- 1.2 KLARGJØRING FØR PRØVING
- 1.3 LEDELSE AV PRØVINGEN
- 1.4 UTFØRELSE AV PRØVINGEN
- 1.5 RESULTATER AV PRØVINGEN
- 1.6 GODKJENNELSE AV PRØVERESULTATER

KAPITTEL 2 PRØVENE

- 2.0 GENERELT OM PRØVENE
- 2.1 ISOLASJONSMÅLING
- 2.2 VERN FOR GENERATORER M.V.
- 2.3 DRIVMASKINER OG GENERATORER
- 2.4 ANTALL OG YTELSE AV STRØMFORSYNINGSENHETER
- 2.5 SELEKTIVITET
- 2.6 STARTAKKUMULATORER, LANTERNEKONTROLLTAVLER, NØDSTOPP
- 2.7 ANDRE PRØVER
- 2.8 SKJEMA FOR UTFYLLING AV PRØVERESULTATER -

Skjema nr.	1	Oversikt over utførte prøver
"	"	2 Isolasjonsmåling
"	"	3 Vern for generatorer
"	"	4 Drivmaskin og generator. Data
"	"	5 - " - - " - Prøver
"	"	6 Generator. Belastning
"	"	7 Parallelldrift av generatorer
"	"	8 Nødgenerator - Startfunksjon
"	"	9 Selektivitet
"	"	10 Startakkumulatorer
"	"	11 Lanternekontrolltavler

KAPITTEL 3 BAKGRUNNSSTOFF, FORKLARINGER, VURDERING AV RESULTATER

- 3.0 BELASTNINGSPRØVER, PRØVEKAR
- 3.1 ISOLASJONSMÅLING
- 3.2 VERN
- 3.3 PRØVING AV DIESELMOTOR OG GENERATOR
- 3.4 BESKYTTELSE OG SELEKTIVITET
- 3.5 KORTSLUTNINGSBEREGNINGER, SELEKTIVITETSPLAN,
BTYTERDIMENSJONERING - EKSEMPLER
- 3.6 REFERANSE

KAPITTEL 0

BRUK AV RETNINGSLINJENE

Disse retningslinjer er beregnet for bruk ved prøving av elektriske anlegg om bord i skip som besiktiges av Elektrisitetstilsynet. Retningslinjene er først og fremst beregnet for nybygg, men kan gis anvendelse også i forbindelse med reparasjoner, ombygginger m.v.

I henhold til Forskrifter for elektriske anlegg om bord i skip og sjøredskaper (FEAS, § 3301) kan Elektrisitetstilsynet kreve gjennomført prøver, undersøkelser, målinger m.v. før det gis tillatelse til drift av et nytt anlegg.

Ved reparasjoner, ombygginger av noe omfang i eksisterende anlegg, eller dersom anlegget i lengre tid har vært ute av drift, kan Elektrisitetstilsynet (§3311) kreve gjennomført prøver som for nye anlegg.

Eieren av det aktuelle anlegg må sørge for at prøvingen gjennomføres etter Elektrisitetstilsynets nærmere spesifiserte krav.

Retningslinjene beskriver prøver som ansees som et minimum ved siden av vanlig besiktigelse for å kunne vurdere om det elektriske anlegget er i forskriftsmessig stand, og betraktes som retningsgivende m.h.t. de prøvekrav som kan gis fra Elektrisitetstilsynet.

Elektrisitetstilsynet står fritt til å akseptere andre likeverdige prøver og prøvemeter. For å unngå at prøving må utføres to ganger med korte mellomrom, eventuelt etter litt forskjellige metoder, kan det være riktig å samordne prøvingen

med de respektive klassifikasjonsselskaper. Elektrisitets-tilsynet og Det norske Veritas's prøving vil normalt kunne utføres samtidig og etter de samme metoder.

Prøver beskrevet i disse retningslinjer og som ligger utenfor NVE's myndighetsområde må bli å betrakte som veiledende.

KAPITTEL 1

GENERELT OM PRØVINGEN

1.1 TIDSPUNKT FOR PRØVING

Prøving kan utføres når de elektriske installasjoner som blir berørt av prøvingen er forskriftsmessig utført og justeringer m.v. er foretatt.

Tidspunkt for prøving skal avtales med Elektrisitetstilsynet.

1.2 KLARGJØRING FØR PRØVING

Alle instrumenter og utstyr som er nødvendig for prøvingen skal være klargjort (se pkt. 2.0.3).

Prøveprotokoller (for generatorer, drivmaskiner, trafoer m.v.) og annet underlag, beskrivelser o.l. for alt elektrisk utstyr som blir berørt av prøvingen, skal være tilgjengelige.

Eventuelle hjelpekabler og -ledninger skal være tilstrekkelig dimensjonert og være slik forlagt eller beskyttet at de ikke skades.

Nødvendig avsperring, brannsluknings- og førstehjelpsutstyr skal være anordnet der det kan være behov for dette.

Det skal påses at ingen arbeider på eller i farlig nærhet av elektriske installasjoner og elektrisk drevet utstyr som blir berørt av prøvingen.

Før prøving skal det varsles om at det skal utføres prøving, at det elektriske anlegget må betraktes som spenningsførende og at lys, maskiner m.v. kan bli ut- og innkoblet uten varsel.

1.3 LEDELSE AV PRØVINGEN

Prøving skal ledes av en utpekt representant fra elektroinstallatøren/verftet/rederiet.

Den som leder prøvingen skal forvisse seg om at alt er klart til prøving (se punkt 1.2), at nødvendige kommunikasjonslinjer er etablert, og at de som er til stede er klar over hva som skal gjøres og faremomentene.

1.4 UTFØRELSE AV PRØVINGEN

Prøvingen utføres av elektroinstallatør, -montør eller representant for rederi, verft, leverandør e.l.

1.5 RESULTATER AV PRØVINGEN

Resultatene av prøvingen føres inn i skjemaer utarbeidet av Elektrisitetstilsynet. Elektrisitetstilsynet kan tillate at andre skjemaer brukes.

1.6 GODKJENNELSE AV PRØVERESULTATER

Elektrisitetstilsynet avgjør om prøvingen er tilfredsstillende utført og om resultatene kan ansees tilfredsstillende i henhold til Forskrifter for elektriske anlegg om bord i skip og sjøredskaper (FEAS).

KAPITTEL 2

PRØVENE

2.0 GENERELT OM PRØVENE

2.0.1 Prøvenes omfang og hensikt

De prøver som er beskrevet i disse retningslinjene ansees som det minimum som er nødvendig i tillegg til vanlig besiktigelse for å kunne vurdere om de elektriske anlegg er i forskriftsmessig stand.

2.0.2 Prøvemetoder

Der prøvemethode er beskrevet, bør denne normalt følges. Ønskes det brukt andre metoder, eller prøvemetoder som ikke er beskrevet i detalj (se f.eks punkt 2.2 Vern for generatorer m.v.), må dette avtales med Elektrisitetstilsynet.

2.0.3 Prøvestyr

Ved prøving må brukes instrumenter som gir tilstrekkelig avlesningsnøyaktighet for prøvene. For prøving av generatorvern kan det være nødvendig med spesielt prøve- og målestyr.

Ved belastningsprøver av drivmaskin og generator kan det være nødvendig med en stabil, innstillbar aktiv og/eller reaktiv belastning i tillegg til de forbrukere som finnes om bord.

2.1 ISOLASJONSMÅLING

2.1.1 Isolasjonsmåling av utgående generatorkurser, tavleanlegg, kurser fra tavler o.l. skal foretas, se FEAS § 1250.

2.1.2 Resultatet av isolasjonsmålingene føres i skjema nr. 2.

2.1.3 Isolasjonsmåling av generator føres i skjema nr. 5.

2.2 VERN FOR GENERATORER M.V.

2.2.0 Generelt

Forskriftenes krav til vern av generatorer er fastsatt i § 1617.

Fabrikantene angir hvorledes reléene skal innstilles.

Reléene må innstilles på grunnlag av prøving av aggregatene, og under hensyntagen til selektivitet. (Se pkt. 2.5).

Dieselmotorens ytelse vil kunne være redusert etter en tids drift. Det bør tas hensyn til dette ved innstilling av reléene.

2.2.1 Vern som skal prøves

Følgende vern skal prøves som angitt i pkt. 2.2.2 - 2.2.5:

- overstrøm
- kortslutning
- retureffekt
- nullspenning (underspenning)
- andre viktige vern

Data for reléene og resultatet av prøvene føres i skjema nr. 3.

2.2.2 Overstrøms-/kortslutningsreléer

Primære overstrømsreléer er montert direkte på effektbryteren og er innkoblet i hovedstrømkretsen. Kortslutningsprøver for primærreléer vil normalt ikke bli krevet.

Sekundære overstrømsreléer er tilkoblet over strømtransformatorer.

Det er flere metoder som kan brukes for å oppnå tilstrekkelig overstrøm for prøving av reléer, f.eks:

- For enkelte generatortyper kan man over- og undermagnetisere generatorer ved parallellkjøring. ("Blindstrømmetoden")
- For enkelte generatortyper kan man kjøre med enfasebelastning
- Direkte overbelastning av generator som går alene, forutsatt at drivmaskinen har tilstrekkelig ytelse (f.eks for "akselgeneratorer")
- Regulertransformator ("Variac") tilkoblet strømtransformatorenes sekundærside (spesielt for sekundærreléer).

Innstilling av tidsforsinkede vern kan gjøres på følgende måte:

Tidsinnstillingen 0-stilles. Effekten/strømmen reguleres til en får utløsning ved ønsket verdi. Deretter stilles tidsinnstillingen på ønsket forsinkelse, og prøven gjentas med de innstilte verdier for tid og effekt/strøm.

Innstilling av reléenes strøm/tidsforsinkelse må tilpasses generatorens merkestrøm. Utkobling av mindre viktige forbrukere ("tripping") må ses i sammenheng med strøm/tidsinnstillingen for generatorvernet. Tidsforsinkelsene må være slik at en ikke får utkobling på grunn av transiente strømmer (startstrømmer).

Kortslutningsutløsningen må tidsforsinkes for å oppnå selektivitet. Tidsforsinkelsen skal ikke overskride 1 sekund, se FEAS § 1907.

2.2.3 Retureffekt-reléer

Generatorer i parallelldrift skal ha retureffektvern. Prøving utføres ved parallelldrift.

Vernet prøves ved at pådraget på den angjeldende drivmaskin reduseres, og det kontrolleres at generatorens bryter kobler ut ved de innstilte verdier. Vanlig tidsforsinkelse er ca. 8 sekunder ved -10% av nominell effekt for generatorer drevet av stempelmaskiner (-5% ved turbindrift).

2.2.4 Nullspenningsvern (Underspenningsvern)

Prøving av nullspenningsvern utføres ved å koble generatoren alene til samleskinnene. Drivmaskinen stoppes og generatorbryteren skal da koble ut. Utkobling av underspenningsvern vil ofte først skje ved 20-30% av normal spenning fordi holdespolens kraft er frekvensavhengig. Prøven er først og fremst en mekanisk prøve av utløseorganet og eventuell mekanisk tidsforsinkelse.

2.2.5 Arrangement

Kortslutnings-, overstrøm- og retureffektreléer skal være slik at gjeninnkobling av effektbryteren kan foretas innen 30 sekunder, forutsatt at spenningen er innen 85-110% av merkespenning.

2.2.6 Funksjonsprøving

Ved normal drift vil vernene for en generator sjelden eller aldri aktiviseres. Det bør derfor foretas regelmessig etter-syn og prøving, slik at de til enhver tid virker etter sin hensikt. F.eks bør retureffektreléer prøves regelmessig av eier/bruker.

2.3 DRIVMASKIN OG GENERATOR

I avsnitt 2.3 er det forutsatt dieselmotorer som drivmaskiner, og at evt. automatisk lastfordelingsutstyr er frakoblet.

2.3.0 Generatorstørrelse. Merking

Drivmaskinen kan begrense en generators avgitte effekt. Generatorens merkeeffekt gir da et feilaktig bilde av hva som kan avgis av elektrisk effekt. Generatoren må i slike tilfeller merkes med et tilleggsskilt som angir effekt og strøm for det aktuelle anlegg ("nedstempling"). De nedstemplede verdier legges til grunn ved prøvene og ved innstilling av vern. Ved kontroll av effektbalansen må det også tas hensyn til om drivmaskinen brukes for direkte drift av pumper e.l.

Det opprinnelige merkeskilt må beholdes på maskinen, men det må klart fremgå hvilken merking som er gjeldende for det aktuelle anlegg. Se FEAS § 1217.

2.3.1 Datablad for dieselmotor og generator

Skjema nr. 4 fylles ut for hver dieselmotor og generator.

2.3.2 Dieselmotorenes yteevne

Hver dieselmotor prøves enkeltvis.

Generatorens belastning økes gradvis inntil dieselmotoren ikke klarer å yte noe særlig mer (knekkpunktet). Av hensyn til sikker drift i fremtiden (aldring, soting m.v.), bør dieselmotoren kunne yte ca. 10% mer enn generatorens påstemplede (nedstemplede) effekt i minst 15 minutter, målt som avgitt effekt fra generatoren. Denne prøve skal bare vise om det har noen hensikt å fortsette prøvene, og resultatene føres ikke i noe skjema.

2.3.3 Innstillingsområdet for dieselmotorens regulator. Statikken

For hver dieselmotor prøves om dennes regulator kan innstilles innenfor et tilstrekkelig stort område. I tomgang bør omdreiningstallet minst kunne stilles innen 57-64 Hz i anlegg med merkefrekvens 60 Hz, og innen 47-54 Hz i anlegg med merkefrekvens 50 Hz. Dersom dette ikke kan oppnås, kan det være tvil om de senere prøvene kan gi tilfredsstillende resultater.

§ 1410 krever at statikken, dvs. den varige endring av dieselmotorens omdreiningstall fra tomgang til fullast (aktiv) og omvendt, ikke skal overskride 5%. Det anbefales å justere statikken til mellom 4 og 5% for å oppnå stabil parallell-drift. Ved parallelldrift må statikkene være mest mulig like av hensyn til effektfordelingen. Hver dieselmotor prøves. Resultatet av prøvene føres i skjema nr. 5.

2.3.4 Spenningsregulering

§ 1423 krever at vekselstrømsgeneratorer skal ha automatiske spenningsregulatorer som holder spenningen innenfor merkespenning $\pm 2.5\%$ ved alle stasjonære belastninger, eller generatorene skal være av den selvregulerende type med en spenningskarakteristikk som er slik avpasset i forhold til drivmaskinens hastighetskarakteristikk (se punkt 2.3.3) at spenningen holdes innenfor disse grensene. For transiente forhold se punkt 2.3.6.

2.3.5 Driftstemperatur

Av hensyn til den videre prøving bør dieselmotoren ha normal driftstemperatur. Kjør motoren varm under belastning hvis ikke de tidligere prøver eller vanlig drift har gitt motoren driftstemperatur.

2.3.6 Inn- og utkobling av last

§ 1410 krever at transient frekvensvariasjon vanligvis ikke skal overskride 10% ved plutselig av- og påslag av fullast.

§ 1423 krever at når generator drives i tomgang respektive med fullast og den største belastning som normalt kan kobles inn/ut, plutselig blir lagt inn respektive ut, skal det momentane spenningsfall respektive -stigning ikke være større enn 15% respektive 20% av merkespenningen.

Hver generator prøves med inn- og utkobling av fullast og av den ugunstigste belastning.

Under prøven foretas avlesning på anleggets voltmeter og frekvensmeter. Frekvensmeteret bør ha stabilisert seg innen 3-4 sekunder. Nøyaktig måling ved hjelp av oscilloskop e.l. kreves bare i spesielle tilfeller.

Resultatet av prøven føres i skjema nr. 5.

2.3.7 Belastningsprøve

Samtlige generatorer belastes hver for seg i trinn opp til ca. 110%, og i samme trinn tilbake til ca. 20% av merkeeffekten.

For hvert belastningstrinn avleses effekt, spenning, strøm og frekvens.

Resultatet av prøvene føres i skjema nr. 6.

2.3.8 Parallelldrift

§ 1410 krever at i området 20%-100% av hver generators merkeeffekt skal dens virkelige effekt (gjennomsnittsverdi hvis pendlinger forekommer) ikke avvike fra generatorenes forholdsmessige andel av den totale effekt med mer enn 10% av merkeeffekten for den største generator i parallell, eller ikke mer enn 25% av den minste generators merkeeffekt hvis dette er mindre.

Samtlige generatorer kjøres i parallell og belastes i trinn opptil ca. 100% og i samme trinn tilbake til ca. 20%. Hvert trinn forutsettes å vare inntil stabile forhold med sikkerhet er oppnådd.

Er det av praktiske grunner vanskelig å få til full belastning av alle generatorer i parallell, kan minst 2 og 2 generatorer prøves i parallell. Hver generator må da prøves sammen med alle de øvrige generatorer etter tur.

For hvert belastningstrinn avleses effekt, spenning, strøm og frekvens.

Resultatet av prøvene føres i skjema nr. 7.

Dersom drivmaskinenes regulatorer kan tenkes å ha forskjellig dempning, gjøres en tilleggsprøve. Ved parallelldrift økes belastningen så raskt som mulig fra ca. 20 til ca. 100%. Når belastningen har stabilisert seg, avlastes til tomgang så raskt som mulig.

Ved denne tilleggsprøven kreves det ikke at belastningsfordelingen skal holde seg innenfor de angitte grenser før belastningen har stabilisert seg (se unntak for pendlinger), men ingen av generatorene skal overbelastes i så sterk grad at vernet kobler den ut.

For generatorer for parallelldrift skal også fordelingen av reaktiv effekt kontrolleres. Hvis kVAr-meter eller $\cos(\phi)$ -meter ikke finnes, bedømmes fordelingen av reaktiv effekt på grunnlag av kW-metrenes og A-metrenes verdier sammenholdt.

Spenningsreguleringen skal være slik at fordelingen av reaktiv effekt er stabil. Dog kan tillates pendlinger opptil 20% av hver generators merkeverdi.

2.4 ANTALL OG YTELSE AV STRØMFORSYNINGSENHETER

2.4.1 Hovedgeneratoranlegget

Det kontrolleres ved prøving at anleggets ytelse, se punkt 2.3.0, og tripping, se punkt 2.2.2, av mindre viktige forbrukere er i overensstemmelse med effektbalansen.

2.4.2 Nødgeneratoranlegget

Det kontrolleres ved prøving at anleggets ytelse, se punkt 2.3.0, er i overensstemmelse med effektbalansen.

2.4.3 Start/innkobling av nødstrømanlegg

Ved svikt av hovedgeneratoranlegget ("black-out") skal evt. nødgenerator startes og forsyne viktige forbrukere. Inntil nødgeneratoren leverer strøm på "nettet", skal nødbatteriene gi bl.a tilstrekkelig lys om bord.

- Ved anlegg med automatisk start og drift av nødstrømanleggene prøves dette ved at hovedgeneratoranlegget stanses. Denne prøve bør dessuten utføres minst 1 gang hvert år og etter reparasjons-, endrings- eller vedlikeholdsarbeider som berører anlegget.
"Simulert black-out" bør gjennomføres oftere (en gang i uken), f.eks ved at bryteren mellom hoved- og nødtavle legges ut.
- Reserve (manuelle) startmuligheter prøves.
Denne prøve bør også utføres ofte (en gang hver uke).
- Funksjon av nødlys tilkoblet nødbatteri og nødlys tilkoblet nødgenerator prøves.

Resultatet av prøvene føres i skjema nr. 8.

2.5 SELEKTIVITET

Viser beregningene at det er tvil om selektivitet, skal prøving gjennomføres. Ved selektivitetsprøving må det vern som selektiviteten skal prøves mot, belastes med normal be-

lastningsstrøm. For brytere er dette viktig på grunn av bryterens tilbakefallsforhold. Ved gjentatte prøver må alle sikringer skiftes før ny prøving foretas.

Prøving utføres vanligvis på største utgående kurs som beregningene viser har tvilsom selektivitet.

Prøving foretas ved at kortslutning legges så fjernt som mulig fra nærmeste vern.

Dersom en effektbryter som et kortslutningsvern skal være selektiv mot har nullspenningsspole, må det også legges en kortslutning så nær vernet som mulig. Dette for å overprøve at ikke effektbryteren løser ut på grunn av nullspenningsreléet ved kortslutning. Nullspenningsreléet må vanligvis være tidsforsinket.

Innkobling av kortslutning bør foretas ved en styrestrømsbetjent bryter/kontaktor. Ved mindre kortslutningseffekter kan kortslutningen legges inn direkte av bryteren i kretsen. Det er en forutsetning at det ikke er nullspenningsvern mellom kortslutningsvernet og kortslutningsstedet slik at nullspenningsvernet ikke kan løses ut. Ved bruk av kontaktor og styrestrøm må styrestrømmen tas fra en strømkilde som ikke er påvirket av prøven.

Resultatet av prøvene føres i skjema nr. 9.

Se FEAS § 1615.

2.6 STARTAKKUMULATORER, LANTERNEKONTROLLTAVLER, NØDSTOPP

2.6.1 Startakkumulatorer

Startakkumulatorer prøves fra fulladet tilstand med det antall startforsøk og den tid som er krevet i § 1459, hvis det er tvil om batterikapasiteten er tilstrekkelig. Ved prøvene må det påse at dieselmotoren ikke starter f.eks ved å stenge brenseltilførselen eller ved å tømme dagtanken og kjøre anlegget tomt før prøvene foretas. I noen tilfelle kan manuell stoppmekanisme låses i stoppstilling. Eventuelt oljetrykks-

relé for smøreolje til lager, eller andre reléer/vern, skal ikke hindre startforsøkene. Ved anlegg med automatisk start tillates likevel at de siste ca. 20% av startforsøkene ikke skjer automatisk, men må foretas manuelt.

Resultatet av prøvene føres i skjema nr. 10.

2.6.2 Lanternekontrolltavler

Det bør kontrolleres at det er overensstemmelse mellom signallys på lanternekontrolltavle og lanternene. Alarminnretninger prøves ved å bryte strømkretsen for én av lanternene. (Utskruing av lampe, eller bryte tilførselen ved sikring eller ved utgående rekkeklemme). Hørbart og synlig signal skal virke. Deretter utkobles hørbart signal, og en annen lanterne settes ut av drift. Hørbart signal skal da gi nytt varsel, og synlig signal for vedkommende lanterne skal virke.

Ved tvil om selektivitet foretas kortslutning på utgående kurs for største lanterne. Alarminnretning skal gi signal. De øvrige lanterner skal ikke påvirkes ved denne prøve. Deretter prøves alarminnretning som angitt foran for en av lanternene. Alarminnretning skal gi hørbart og synlig signal.

Resultatet av prøvene føres i skjema nr. 11.

2.6.3 Nødstop

De nødstopper som i henhold til § 1708 kreves, skal prøves.

2.7 ANDRE PRØVER

I tillegg til de prøver som er spesifisert foran må det foretas prøving/kontroll av en rekke andre deler av det elektriske anlegget.

Disse prøver er ikke spesifisert her, enten fordi prøvemethodene er velkjente og enkle, eller fordi de anleggsdeler som skal prøves er spesialanlegg der prøvemethoden m.v. ofte må avgjøres i hvert enkelt tilfelle.

Som eksempler på andre anleggsdeler som må prøves kan nevnes bl.a:

- Vern for motorer
- Belysningsanlegg, bl.a i salonger og i rømningsveier til båt- og flåtestasjoner
- Ventilasjonsanlegg med alarm for bildekk
- Anlegg for drift av vanntette dører
- Spesielle forriglinger, som ved landtilkoblingsanlegg m.v.

2.8 SKJEMAER

Se neste side.

SAMMENSTILLING AV UTFØRTE PRØVER

PRØVE NR.	PRØVE	SKJEMA NR.	PRØVE UTFØRT
2.1	ISOLASJONSMÅLING	2 OG 5	
2.2	VERN FOR GENERATORER	3	
2.3.1	DRIVMASKIN OG GENERATOR.DATA	4	
2.3.3 OG 2.3.6	DRIVMASKIN OG GENERATOR	5	
2.3.7	GENERATOR.BELASTNING	6	
2.3.8	GENERATORER.PARALLELLDRIFT	7	
2.4.3	NØDGENERATOR.STARTFUNKSJON	8	
2.5	OVERSTRØM-/KORTSL.VERN.SEL.TET.	9	
2.6.1	STARTAKKUMULATORER.KAPASITET	10	
2.6.2	LANTERNEKONTROLLTAVLER	11	
2.6.3	NØDSTOPP		
MERKNADER			
 NVE ELEKTRISITETSTILSYNET		SKIP/B.NR	SKJEMA NR. 1

VERN FOR GENERATOR NR.			PRØVE NR. 2,2	
DATA		PRØVELEDER		
		FIRMA		
VERN		VERN		
FABRIKAT		FABRIKAT		
TYPENR.		TYPENR.		
SERIENR.		SERIENR.		
LEVERANDØR		LEVERANDØR		
MERKESPENNING		MERKESPENNING		
MERKESTRØM		MERKESTRØM		
INNSTILT UTLØSEVERDI		INNSTILT UTLØSEVERDI		
TILBEHØR:		TILBEHØR:		
VERN		VERN		
FABRIKAT		FABRIKAT		
TYPENR.		TYPENR.		
SERIENR.		SERIENR.		
LEVERANDØR		LEVERANDØR		
MERKESPENNING		MERKESPENNING		
MERKESTRØM		MERKESTRØM		
INNSTILT UTLØSEVERDI		INNSTILT UTLØSEVERDI		
TILBEHØR:		TILBEHØR:		
PRØVERESULTATER				
VERN	UTLØSEVERDI	TILFREDSSTILLEND (JA/NEI)	MERKNAD	
MERKNADER		PRØVE UTFØRT	DATO	SIGN
 NVE ELEKTRISITETSTILSYNET		SKIP/BNR		SKJEMA NR. 3

DRIVMASKIN OG GENERATOR NR.			PRØVE NR. 2.3.1			
DATA		PRØVELEDER				
		FIRMA				
DRIVMASKIN		GENERATOR				
FABRIKAT		FABRIKAT				
TYPE		TYPE				
SERIENR.		SERIENR.				
LEVERANDØR		LEVERANDØR				
YTELSE (KW)		OPPRINNELIG MERKEEFFEKT (KVA)				
TURTALL ($^{\circ}$ /MIN)		NEDSTEMPLET MERKEEFFEKT (KVA)				
STARTMÅTE		OPPRINNELIG MERKESTRØM (A)				
		NEDSTEMPLET MERKESTRØM (A)				
		MERKESPENNING (V)				
		EFFEKTFAKTOR				
		FREKVENNS (HZ)				
		TURTALL ($^{\circ}$ /MIN)				
		REAKTANS (Ω)				
		TRANSIENT REAKTANS (Ω)				
		SUBTR. REAKTANS (Ω)				
		SPENNINGSREGULATOR				
		FABRIKAT				
TYPE						
SERIENR.						
LEVERANDØR						
S E R T I F I K A T E R						
DRIVMASKIN		GENERATOR				
SERT.NR.		SERT.NR.				
DATO		DATO				
UTSTEDT AV		UTSTEDT AV				
MERKNADER		PRØVE UTFØRT	DATO	SIGN		
 NVE ELEKTRISITETSTILSYNET		SKIP/BNR		SKJEMA NR. 4		

DRIVMASKIN OG GENERATOR NR.

PRØVE NR.

2.3.3
2.3.6

PRØVERESULTATER

PRØVELEDER

FIRMA

ISOLASJONSMÅLING

	KALD	VARM	FEAS-KRAV	MERKNADER
STATORVIKLING - JORD (M Ω)				
ROTORVIKLING - JORD (M Ω)				
SPENNINGSREGULATOR (M Ω)				
ROMTEMPERATUR ($^{\circ}$ C)				

ISOLASJONSMÅLEINSTRUMENT OG SPENNING

INNSTILLINGSOMRÅDE FOR DIESELMOTORENS REGULATOR

	HØYESTE INNSTILLBARE FREKVENNS I TOMGANG	LAVESTE INNSTILLBARE FREKVENNS I TOMGANG	MERK.
ANBEFALT (60/50 HZ)	64/54	57/47	
PRØVERESULTAT (HZ)			

DIESELMOTORENS STATIKK

LAST	FREKVENNS (HZ)	STATIKK (%)	MERK.
0 % (TOMGANG)			
100 % (FULLAST)			

UT- OG INNKOBLING AV LAST

LAST	AVLESBAR FREKVENNS (HZ)		AVLESBAR SPENNING (V)		MERK.
	STASJONÆR	HØYESTE/LAVESTE	STASJONÆR	HØYESTE/LAVESTE	
100 %					
0 %					
ENDRING (%)					
0 %					
100 %					
ENDRING (%)					

TIL STEDE UNDER PRØVENE

VERFT		EIER	
ELEKTROINSTALLATØR		LEVERANDØR	
ELEKTRISITETSTILSYNET		LEVERANDØR	
MERKNADER	PRØVE UTFØRT	DATO	SIGN
 NVE ELEKTRISITETSTILSYNET	SKIP/BNR	SKJEMA NR. 5	

NØDGENERATOR			PRØVE NR. 2.4.3	
STARTFUNKSJONSPRØVER		PRØVELEDER		
		FIRMA		
AUTOMATISK STARTFUNKSJON				
STANS/UTKOBLING AV:	NØDGENERATOR		NØDBATTERI I FUNKSJON (JA/NEI)	MERKNADER
	STARTET (JA/NEI)	TID FØR START (S)		
MANUELL STARTFUNKSJON				
STARTINN- RETNING TYPE/UTFØRELSE	GODKJENT AV SJØFARTSDIR./SKIPS- KONTROLLEN DATO		PRØVERESULTAT TILFREDSSTILLEND (JA/NEI)	MERKNADER
MERKNADER	PRØVE- UTFØRT	DATO	SIGN	
 NVE ELEKTRISITETSTILSYNET		SKIB/BNR		SKJEMA NR. 8

STARTAKKUMULATORER				PRØVE NR. 2.6.1	
KAPASITETSPRØVER			PRØVELEDER		
			FIRMA		
DATA					
AKKUMULATORBATTERI NR.			AKKUMULATORBATTERI NR.		
FABRIKAT			FABRIKAT		
TYPE			TYPE		
ANTALL CELLER			ANTALL CELLER		
MERKESPENNING			MERKESPENNING		
KAPASITET (AH)			KAPASITET (AH)		
PASSERING			PASSERING		
BRUKES TIL:			BRUKES TIL:		
AKKUMULATORBATTERI NR.			AKKUMULATORBATTERI NR.		
FABRIKAT			FABRIKAT		
TYPE			TYPE		
ANTALL CELLER			ANTALL CELLER		
MERKESPENNING			MERKESPENNING		
KAPASITET (AH)			KAPASITET (AH)		
PASSERING			PASSERING		
BRUKES TIL:			BRUKES TIL:		
STARTPRØVER					
AKKUMULATOR- BATTERI NR.	OPPÅNÅDDE RESULTATER		FEAS-KRAV		MERKNADER
	ANTALL AUTOMATISKE STARTFORSØK	ANTALL MANUELLE STARTFORSØK	ANTALL STARTFORSØK		
MERKNADER			PRØVE UTFØRT	DATO	SIGN
 NVE ELEKTRISITETSTILSYNET			SKIP/BNR		SKJEMA NR. 10

LANTERNEKONTROLLTAVLER							PRØVE NR. 2.6.2
DATA						PRØVELEDER	
						FIRMA	
TAVLE:				TAVLE:			
FABRIKAT				FABRIKAT			
TYPE				TYPE			
SERIENR.				SERIENR.			
MERKESPENNING				MERKESPENNING			
FORANKOBLET VERN				FORANKOBLET VERN			
ANTALL LANTERNER				ANTALL LANTERNER			
TYPEGODKJENT DATO				TYPEGODKJENT DATO			
PRØVERESULTATER							
TAVLE	ALARM 1. UTKOBLING		ALARM 2. UTKOBLING		KORTSLUTN. ÉN LANTERNE		PRØVERE- SULTAT TILFREDS- STILLEND
	HØRBAR	SYNLIG	HØRBAR	SYNLIG	SELEKTIVITET	ALARM	
	(JA/NEI)	(JA/NEI)	(JA/NEI)	(JA/NEI)	(JA/NEI)	(JA/NEI)	
MERKNADER			PRØVE UTFØRT	DATO	SIGN.		
 NVE ELEKTRISITETSTILSYNET			SKIP/B.NR			SKJEMA NR. 11	

KAPITTEL 3

BAKGRUNNSSTOFF, FORKLARINGER, VURDERING AV RESULTATER

3.0 BELASTNINGSPRØVER, PRØVEKAR

Ved belastningsprøver er det vanligvis nødvendig med en stabil, innstillbar belastning i tillegg til forbrukere om bord. Flere typer av belastning kan brukes, men det vanligste er et såkalt prøvekar.

Prøvekar består av et kar med vann og tre elektroder som enten kan heves og senkes i vannet (vanligst) eller forskyves i forhold til hverandre i neddykket tilstand. Prinsippet er det samme som for en elektrodekjel for vannvarming.

Karet er som oftest av stål. Det bør være isolert fra underlaget, og må være oppstilt eller avskjermet slik at det ikke kan berøres utilsiktet, da karet kan bli spenningsførende.

For å oppnå en tilstrekkelig stabil belastning ved prøvene bør det inneholde en tilstrekkelig stor vannmengde, eventuelt gjennomstrømmes av vann. VDE angir 60 °C som høyeste temperatur for vannmotstander. For å holde seg noenlunde til denne verdi som høyeste temperatur bør karet inneholde minst ca. 50 l vann pr. kW. For å unngå lokale dampblærer som kan gi variabel belastning bør elektrodene ha tilstrekkelig stor overflate, og ikke ha skarpe kanter, særlig mot de øvrige elektroder og mot karveggen.

Skal skjebbelastning unngås må elektrodene innbyrdes avstand og deres avstand mot karveggen være den samme for alle tre elektroder.

I karet kan det brukes ferskvann eller saltvann. Tilsetning av salt øker ledningsevnen og fører dermed til øket belastning. I ferskvann kan det også brukes andre tilsetningsstoffer for å øke ledningsevnen, f.eks soda.

3.1 ISOLASJONSMÅLING

Det må påses at målingene utføres med egnet utstyr som bl.a gir tilstrekkelig høy målespenning. (Se FEAS § 1250).

Ved målinger må alle brytere i vedkommende kurs være innkoplet, mens alle glødelamper og lysrør må være fjernet og alt utstyr frakoplet i koplingsboksen.

Utstyret måles for seg mens det er frakoplet.

Endel elektronikk kan ta skade av de målespenninger som brukes. Elektroniske komponenter tas mer og mer i bruk i en rekke arter av utstyr, og dette kan vanskeliggjøre isolasjonsmålingene. Utstyr som ikke tåler målespenningene må koples fra før måling.

Isolasjonsmålinger er enkle å utføre, men kan være meget arbeidskrevende for noe større anlegg. Ved nybygg bør likevel isolasjonsmåling kreves for alle kurser og alt utstyr. Ved periodiske besiktigelses er det vanligvis tilstrekkelig å måle mellom faser og jord. Samtidig måling av alle kurser (inklusive det tilkoblede utstyr) ut fra en tavle, bør også kunne tillates hvis resultatet er bedre enn kravet for én kurs.

3.2 VERN

Med vern er her ment først og fremst vern montert i forbindelse med generatorer.

Tidligere var vernene enkle, og besto stort sett av smelte-sikringer og elektromagnetiske releer tilkoplede brytere. Disse vernene var relativt oversiktlige i sin virkemåte. Etter en periode med mer kompliserte elektromagnetiske og termiske releer, går nå utviklingen mer og mer i retning av elektroniske releer. Disse kan gi "riktigere" relefunksjoner, men er slett ikke lett å finne ut av uten skjemaer og beskrivelser. I tillegg til prøving vil det derfor nesten alltid være nødvendig å kreve skjemaer og beskrivelser for å kunne vurdere om vernet kan anses tilfredsstillende i henhold til FEAS.

Ved prøving av elektroniske releer (og andre sekundærreleer) vil det med fordel kunne brukes en egen stabil og innstillbar strømkilde. Denne må gi minst samme strøm og spenning som måletransformatorenes sekundærside. Strømkilden tilkoples ofte lettest ved måletransformatorenes sekundærklemmer. Sekundærviklingen må normalt ikke utgjøre noen del av hjelpestrømkretsen, og må derfor frakoples. Før frakopling må strømtansformatorers sekundærvikling kortsluttes, og denne kortslutning må ikke fjernes før relekretsen er tilkopledd igjen etter prøvene.

Ved bruk av hjelpestrømkilde må det kontrolleres at måletransformatorene har riktig oversetningsforhold.

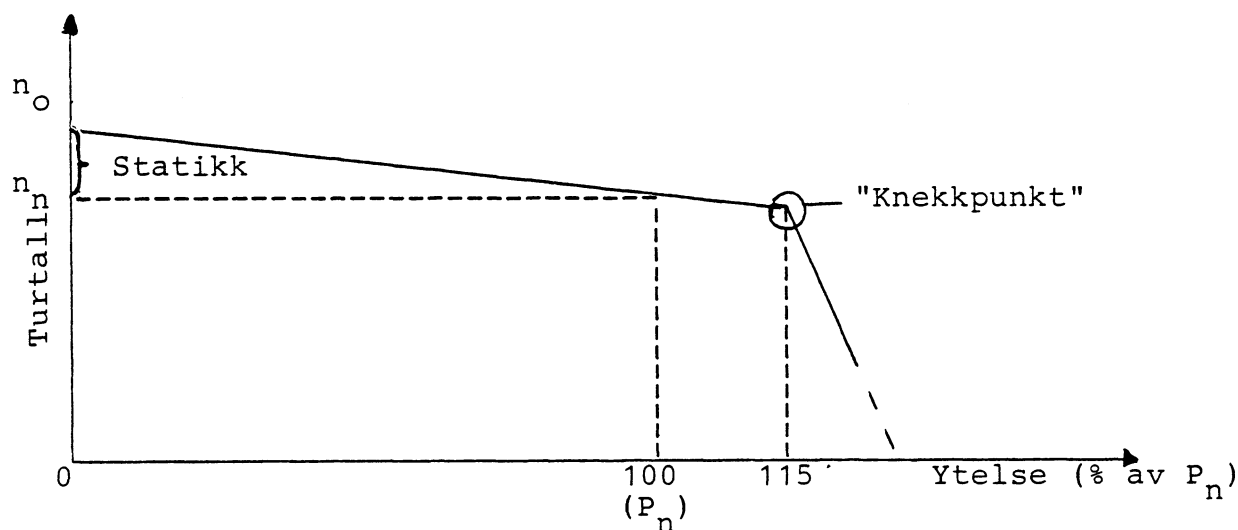
Prøving av primære kortslutningsvern kreves vanligvis ikke. De ekstra påkjenninger som en direkte kortslutning innebærer, fører gjerne til redusert levetid for komponentene.

3.3 PRØVING AV DIESELMOTOR OG GENERATOR

Dieselmotorens yteevne

I figur 1 er vist en typisk lastkurve for en dieselmotor. Ved økende last faller turtallet svakt (bestemt av regulatoren), inntil motorens maksimale ytelse nås (knekkpunktet). Derfra faller turtallet raskt. Statikken er differensen mellom turtallene i tomgang og ved full belastning.

Statikken angis vanligvis i prosent.



Figur 1. Typisk lastkurve for dieselmotor med regulator (Skjematisk).

Dieselmotorens statikk

For at parallelldrift av dieselmotordrevne generatoranlegg skal være vellykket må visse krav både til dieselmotorens regulator og til generatorens spenningsregulator være oppfylt.

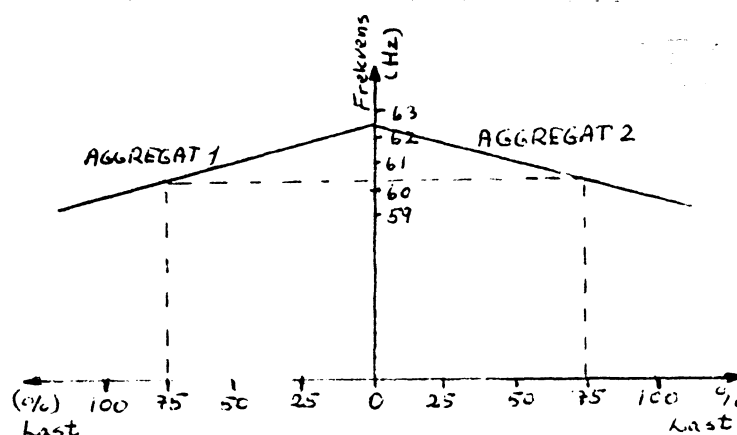
Dieselmotorens regulator regulerer den aktive effekt og frekvensen, mens generatorens spenningsregulator regulerer den reaktive effekt og spenningen.

Vi skal nå se litt nærmere på de krav som må stilles til dieselmotorens regulator.

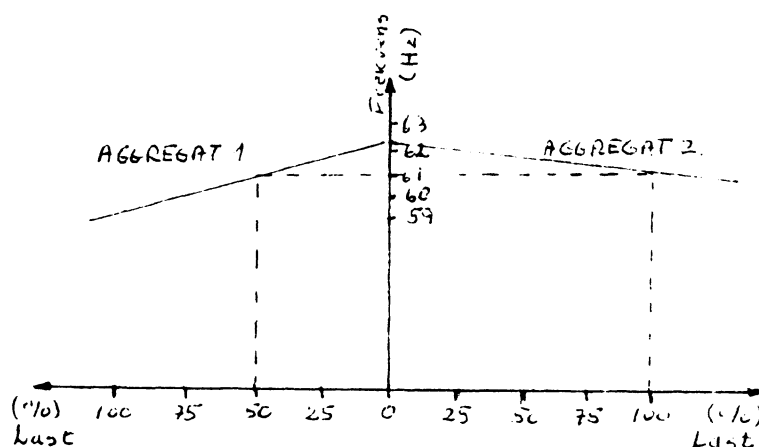
Den aktive effekt produseres av dieselmotoren først når aggregatene (dieselmotor og generator) er synkronisert og innkoblet på samleskinnene. De er da elektrisk låst til hverandre, dvs. at spenning og turtall (eller frekvens) er nøyaktig lik for samtlige aggregater som går parallelt. En økning av brennstofftilførsel til en av dieselmotorene vil altså ikke medføre at vedkommende aggregat øker sitt turtall (frekvens) i forhold til de andre. Det man oppnår ved å øke brennstofftilførselen til en bestemt dieselmotor er at vedkommende aggregat overtar en større del av den totale aktive belastning, samtidig som frekvensen på samleskinnene øker noe.

Etter at generatorene er koplet sammen på samleskinnene, for-
deler man altså kW-belastningen mellom aggregatene ved hjelp
av dieselmotorenes reguleringsvendere på hovedtavlen.

Dersom belastningen på nettet øker eller minsker etter at man
har fordelt lasten mellom aggregatene som ovenfor beskrevet,
skal denne belastningsendring automatisk fordele seg likt mel-
lom aggregatene, forutsatt at dieselmotorens regulatorer er rik-
tig justert. Denne automatiske lastfordeling oppnås ved å la
de dieselmotorer som skal gå parallelt få samme turtallsynkning
fra tomgang til full belastning. Denne turtallsynkning må -
for at parallelldriften mellom aggregatene skal være stabil -
være ca. 4%. Er turtallsynkningen eller dieselmotorenes sta-
tikk som den kalles (en har også generatorenes statikk) lik
for samtlige aggregater, vil de også fordele lasten like mel-
lom seg etter at de ved innfasingen har fått tildelt sin rik-
tige andel av lasten ved det gitte tidspunkt, se figur 2. Er
derimot statikken ulik for de forskjellige dieselmotorer, vil
lastfordelingen også bli skjev, se figur 3.



FIGUR 2. Dieselmotorene har lik statistikk.



FIGUR 3. Dieselmotorene har ulik statistikk.

Generatorens statikk

Mens dieselmotorens statikk først og fremst er bestemt av regulatoren for turtallet, bestemmes generatorens statikk av spenningsregulatoren. Betydningen av generatorens statikk er den samme som forklart ovenfor for dieselmotorens statikk, når "turtall" erstattes med "spenning" og "last" erstattes med "reaktiv effekt".

3.4 BESKYTTELSE OG SELEKTIVITET

Innledning

Det er krav at alt elektrisk utstyr skal beskyttes mot overstrøm og kortslutning. Dette oppnås ved å montere effektbrytere, sikringer og motorvern i anlegget. For enkelte forbrukere nyttes også termistorer som termisk vern.

For at disse komponenter skal gi et effektivt vern og bidra til en stabil kraftforsyning, må det elektriske anlegg bygges opp slik at bare den kurs eller komponent som er beheftet med feil blir frakoplet. Dette betinger en analyse av kortslutningsstrømmene på de forskjellige steder i nettet.

Valget av sikringer, termisk og elektromagnetisk utløsning for effektbrytere må gjøres ut fra disse strømverdier og strøm/tid-karakteristikk for sikringer og effektbrytere. Ved å sammenstille strøm/tid-karakteristikkene vil en så kunne avgjøre om en har selektivitet i anlegget. Ifølge FEAS § 1615 skal en hver kurs ha kortslutnings- og overstrømsvern som er slik at selektiv utkopling oppnås hvor som helst i anlegget.

Krav til generator

For å oppnå selektivitet må flere faktorer være oppfylt. Generatorene må ha så stor transient og stasjonær kortslutningsstrøm i forhold til strøm/tid-karakteristikken for sikringer og effektbrytere at selektiv utløsning med sikkerhet oppnås hvor som helst i anlegget (FEAS § 1423.6). Generatorene skal tåle

klemmekortslutning i minst 1 sekund og den stasjonære kortslutningsstrøm må ikke være mindre enn 3 ganger generatorens merkestrøm. Genratorene tåler vanligvis klemmekortslutning i flere sekunder. Ved kortslutning i flere sekunder før beregnet frakopling, må det påses at også det øvrige utstyr i kortslutningskretsen tåler de påkjenninger de blir utsatt for.

Krav til effektbrytere

Effektbryterne har reléer for termisk og elektromagnetisk utkopling og nullspenningsrelé. Dette er primærreléer som er innebygget i effektbryteren. Reléene har en invers strøm/tid-karakteristikk for termisk utløsning og en korttidsutløsning ved kortslutning. Korttidsutløsningen må kunne tidsforsinkes.

Ved bruk av primærreléer er det av største viktighet at strøm/tid-karakteristikken for disse ligger under strøm/tid-karakteristikken for kortslutningsstrømmen. En må ta utgangspunkt i minste kortslutningsstrøm som kan oppnås.

Brukes primærreléer som generatorvern må en være oppmerksom på at det ofte kan være vanskelig å oppnå tilfredsstillende vern mot overbelastning, og for mindre generatorer (under 150 kVA) vil det være problem med å få elektromagnetisk utkopling ved en kortslutning på grunn av at kortslutningsstrømmen kan være for liten i forhold til strøm/tid-karakteristikken til bryteren. Ved overstrøm skal en ha utkopling ved 110% - 125% av merkestrøm med en tidsforsinkelse på 20 sekunder - 2 minutter (FEAS § 1617).

Ved bruk av primærreléer vil det ofte være vanskelig å oppnå selektivitet mellom effektbrytere og sikringer i utgående kurser og generatorbryter, spesielt for de største utgående kurser. Det må her tas hensyn til bryternes strøm/tid-karakteristikker.

Ved bruk av brytere med elektromagnetiske reléer må tilbakefallsforholdet ikke være lavere enn at reléene slipper når kortslutningene er koplet fra.

Ved en kortslutning ytterst i en krets med flere påfølgende elektromagnetiske reléer, vil alle foranliggende reléer bli aktivisert. Tilbakefallsforholdet angir den verdi strømmen i kretsen må synke til, etter at kortslutningen er koplet fra, for at de øvrige reléer ikke skal kople ut. Tilbakefallsforholdet angis i prosent av tiltrekkingsverdien. For de fleste elektromagnetiske reléer ligger dette mellom 15% - 30%.

Forskriftene krever en varig kortslutningsstrøm for generatorer på 3 ganger merkestrøm. Hvis en får kortslutning på utgående kurs i hovedtavle ved fullaststrøm på generatoren, må tilbakefallsforholdet minst være 35% hvis selektivitet skal oppnås med generatorbryter. En må videre påse at generatorbryter ikke kopler ut på grunn av nullspenning da generatorspenningen vil ligge nær 0. Det må derfor vanligvis anordnes tidsforsinkelse (RC-ledd) i kretsen til nullspenningsspolen for å hindre slik utkopling.

For å unngå problemene med tilbakefallsforholdet for effektbrytere og den usikkerheten en har for å få hurtig nok utkopling ved overbelastning av generator, kan det monteres egne generatorvern, aktivisert over strømtransformatorer. Disse benevnes sekundærreléer.

Disse reléene er innstillbare både i strømstørrelse og tid. Det må påses at det velges riktig strømtransformator.

Det er da vanlig at effektbryterne leveres uten elektromagnetisk og termisk blokk slik at de kun har bryterfunksjonen i behold. For mindre generatorer må det brukes sekundærreléer for å få tilstrekkelig generatorvern såfremt ikke generatorene er så små at det kan nyttes sikringer. Sikringer er imidlertid et dårlig vern for generatorer og vil vanligvis ikke gi utkopling for overstrøm innen det tidsområdet som er nevnt foran (20 sekunder - 2 minutter ved 110% - 125% overstrøm) når sikringene er i henhold til generatorens merkestrøm.

Ved innstilling av overstrømsvern generelt må en påse at drivmaskinen for generatoren er av en slik størrelse at den kan gi

den nødvendige overstrøm uten at dieselen "knekker". Hvis ikke dette er oppfylt har overstrømsvernet ingen misjon.

Selektivitet

For å oppnå selektivitet gjennom hele anlegget er det oftest nødvendig med en kombinasjon av effektbrytere, sikringsbrytere, "molded case"-brytere og sikringer.

Selektivitet kontrolleres ved å sammenligne komponentenes strøm/tid-karakteristikk ved kortslutning. Selektivitet mellom sikringer oppnås når smeltetid og lysbuetid for den sikring som skal bryte, er mindre enn smeltetiden for de sikringer som ikke skal reagere. Selektivitet mellom seriekoplede smelte-sikringer av samme type oppnås vanligvis når forholdet mellom merkestrøm for påfølgende sikringer er minst 2:1.

En kan også gå ut fra at det er selektivitet mellom annet hvert trinn sikringer når det nyttes høyeffektsikringer for lavspenning av samme fabrikat. Ved bruk av sikringsautomater foran sikring må forholdet mellom merkestrøm være minst 6:1. Ved sikringsautomat foran sikringsautomat må dette forhold være minst 10:1. Det forutsettes at sikringene er produsert etter samme norm. Ved å bruke disse regler er en sikret selektivitet. I motsatt fall må en vurdere strøm/tid-karakteristikkene, da helst tegnet inn på samme dobbeltsidig logaritmisk papir.

Det er å anføre at det generelle krav er selektivitet over alt i anlegget. En må imidlertid vurdere viktigheten av forbrukerne mot krav om full selektivitet.

Beregning av selektivitet

Beregning av selektivitet utføres ut fra minste kortslutningsstrøm i anlegget.

Minste kortslutningsstrøm er den minste kortslutningsstrøm på det stedet som en ønsker selektiv utkopling. Kan flere generatorer kjøres parallelt, vil det si at det må være selektivitet med bare den minste generator innkoplet.

Dimensjonering av brytere m.v. må foretas ut fra de maksimale kortslutningsstrømmer som kan forekomme. Bryternes bryte- og innkoplingsytelse må være større enn de maksimale kortslutningsytelser.

Vanligvis er det bryterens innkoplingsytelse som er bestemmende ved valg av bryterstørrelse. Dvs. at ved parallellkoplede generatorer må bryterne ut fra hovedsamleskinne ha større brytekapasitet enn generatorbryter. Disse brytere må også være lavere tidsforsinket enn generatorbrytere.

Ved kortslutning nær generator, og kortslutningsstrømmen ligger i nærheten av bryterytelsen, må det tas hensyn til effekt-faktoren i kortslutningskretsen.

Effekt-faktoren vil være mindre ved en klemmekortslutning enn de verdier bryteren er referert til.

Strøm/tid-karakteristikkene for etterfølgende brytere og sikringer må tegnes inn på samme dobbeltsidige logaritmiske papir sammen med generatorens strøm/tid-karakteristikk ved kortslutning. Den innbyrdes avstand mellom karakteristikkene vil gi en indikasjon for sannsynligheten for å oppnå selektivitet. I tillegg må tas hensyn til tilbakefallsforholdet for brytere og innstilling av generatorvern. Dette må angis på selektivitetsplanen. Det må også anføres om nullspenningsspolen er tidsforsinket.

Valg av hvilke kurser som skal selektivitetsprøves gjøres ut fra sannsynligheten for selektivitet. Denne er gitt ut fra nevnte avstand mellom strøm/tid-karakteristikkene for sikringer, brytere og generator.

For mindre fartøyer hvor installasjonen består av hovedtavle og fordelingssentraler med utgående kurser 10 A - 25 A er det oftest tilstrekkelig å foreta selektivitetsprøve på største utgående kurs fra hovedtavlen. I slike tilfeller må kortslutningsstedene velges både så fjernt som mulig fra nærmeste vern

og like ved nærmeste vern. Ved å velge kortslutningsstedet så fjernt som mulig fra nærmeste vern, overprøver en om det er selektivitet mellom utgående kursbryter (sikring) fra hovedtavle og generatorvern.

Ved å foreta kortslutningsprøve like ved utgående kursbryter (sikring) på hovedtavlen vil en bedre kontrollere at ikke generatorbryter vil falle ut på nullspenningsutløsning. Det er ofte nødvendig å bygge inn en tidsforsinkelse på nullspenningsspolen.

3.5 KORTSLUTNINGSBEREGNINGER, SELEKTIVITETSPLAN, BRYTERDIMENSJONERING - EKSEMPLER

Ved beregning av kortslutningsstrømmene i et skipsanlegg, er det nødvendig å ta med i beregningene bidragene fra generatorer, synkronmotorer og asynkronmotorer. Det er spesielt viktig ikke å neglisjere bidragene til kortslutningsstrømmene fra asynkronmotorene i et skipsnett hvor disse utgjør en stor del av lasten og hvor impedansen til motorklemmene er små.

Definisjoner

$I_k(t)$	Kortslutningsstrømmens tidsavhengige effektivverdi
I_k^{11}	- Effektivverdi av subtransient, symmetrisk kortslutningsstrøm ekstrapolert til $t = 0$.
I_k^1	Effektivverdi av transient, symmetrisk kortslutningsstrøm ekstrapolert til $t = 0$.
I_k	Effektivverdi av varig, symmetrisk kortslutningsstrøm.
I_s	Støtkortslutningsstrømmen blir angitt som amplitudeverdi, og er den maksimale øyeblikksverdi av kortslutningsstrømmen som opptrer etter en halv periode. Støtkortslutningsstrømmen er bestemmende for mekanisk dimensjonering, og for en bryters innkoplingskapasitet.

I_a	Utkoplingsstrømmen er effektivverdien av den prospektive maksimale, symmetriske kortslutningsstrømmen en bryter eller sikring må være dimensjonert for å kunne bryte.
κ	Regnestørrelse for bestemmelse av støtkortslutningsstrømmen fra subtransient, symmetrisk kortslutningsstrøm. Størrelsen er gitt i kurveform som funksjon av R/X eller $\cos\phi_k$ i kortslutningsbanen.
x_d^{11}	Subtransient generatorreaktans (små bokstaver er p u - størrelsen)
x_d^1	Transient generatorreaktans (små bokstaver er p u - størrelsen)
x_m^{11}	Subtransient motorreaktans (små bokstaver er p u - størrelsen)
R_k	Total resistans i kortslutningsbanen
Z	Total impedans i kortslutningskretsen. I kortslutningsøyeblikket er denne:
	$Z = \sqrt{R_k^2 + (x_d^{11} + x_k)^2}$
T_d^{11}	Subtransient tidskonstant ved kortslutning
T_d^1	Transient tidskonstant ved kortslutning
T	Periodetid

Generatorbidrag

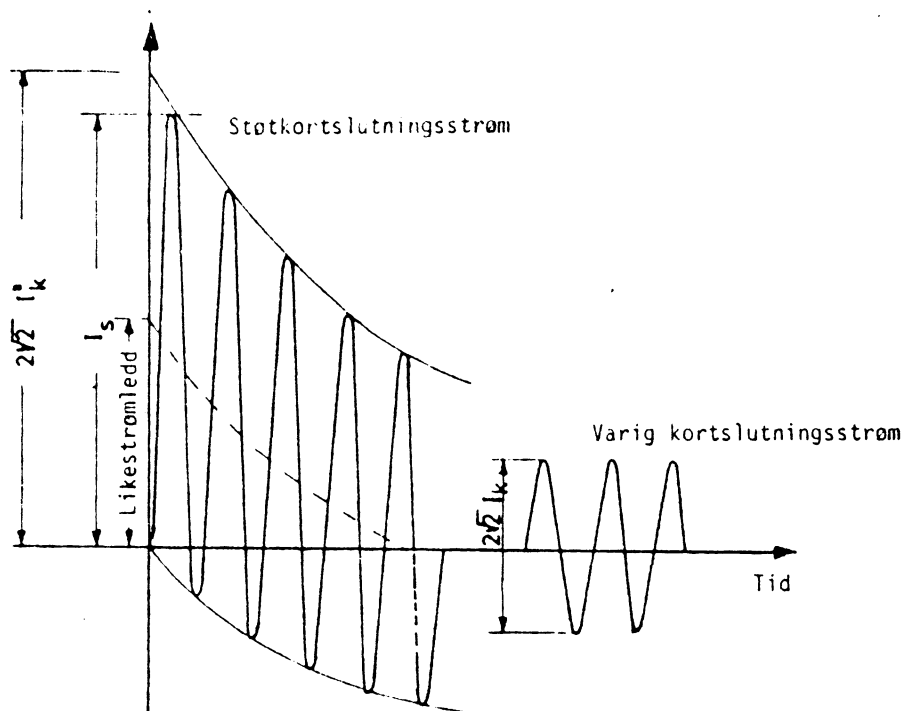


Fig. 3.5/1. Tidsforløp av kortslutningsstrøm

Figur 3.5/1 viser tidsforløpet av kortslutningsstrømmen til en synkrongenerator. Effektivverdien av kortslutningsstrømmens vekselstrømskomponent kan skrives:

$$I_k(t) = (I_k^{11} - I_k^1) e^{-t/T_d^{11}} + (I_k^1 - I_k) e^{-t/T_d^1} + I_k \quad (1)$$

I_k^{11} og I_k^1 er henholdsvis subtransient- og transient verdi av kortslutningsstrømmens symmetriske effektivverdi referert til $t = 0$. I_k er generatorens varige kortslutningsstrøm.

Skjer kortslutningen fra tomgang og merkespenning, er:

$$I_k^{11} = U_n / \sqrt{3} X_d^{11} \quad \text{og} \quad I_k^1 = U_n / \sqrt{3} X_d^1$$

alt.:

$$I_k^{11} = \frac{S_n}{X_d^{11} \sqrt{3} U_n} \quad I_k^1 = \frac{S_n}{X_d^1 \sqrt{3} U_n} \quad (2)$$

Ved kortslutning fra merkespenning og merkelast fås verdiene for subtransient- og transient strøm ved å multiplisere verdiene beregnet ovenfor med faktoren 1.1.

Avhengig av kortslutningsøyeblikket vil vekselstrømkomponenten overlages av et gitt likestrømsledd. Maksimal kortslutningsstrøm vil opptre $\frac{1}{2}$ periode etter feilen inntrer og når kortslutningen skjer i spenningens nullgjennomgang. Denne totale, maksimale amplitudeverdien av kortslutningsstrømmen benevnes støtkortslutningsstrømmen eller den usymmetriske maksimalverdi. Antas den praktisk laveste $\cos\phi_k$ ved klemmekortslutninger, blir den maksimale støtkortslutningsstrømmen:

$$\hat{I}_s = 1,8 \sqrt{2} I_k^{11} \quad (3)$$

Dersom en har kortslutning over en ytre impedans, skjer dempingen av likestrømsleddet relativt raskt, og kortslutningsstrømmens toppverdi settes

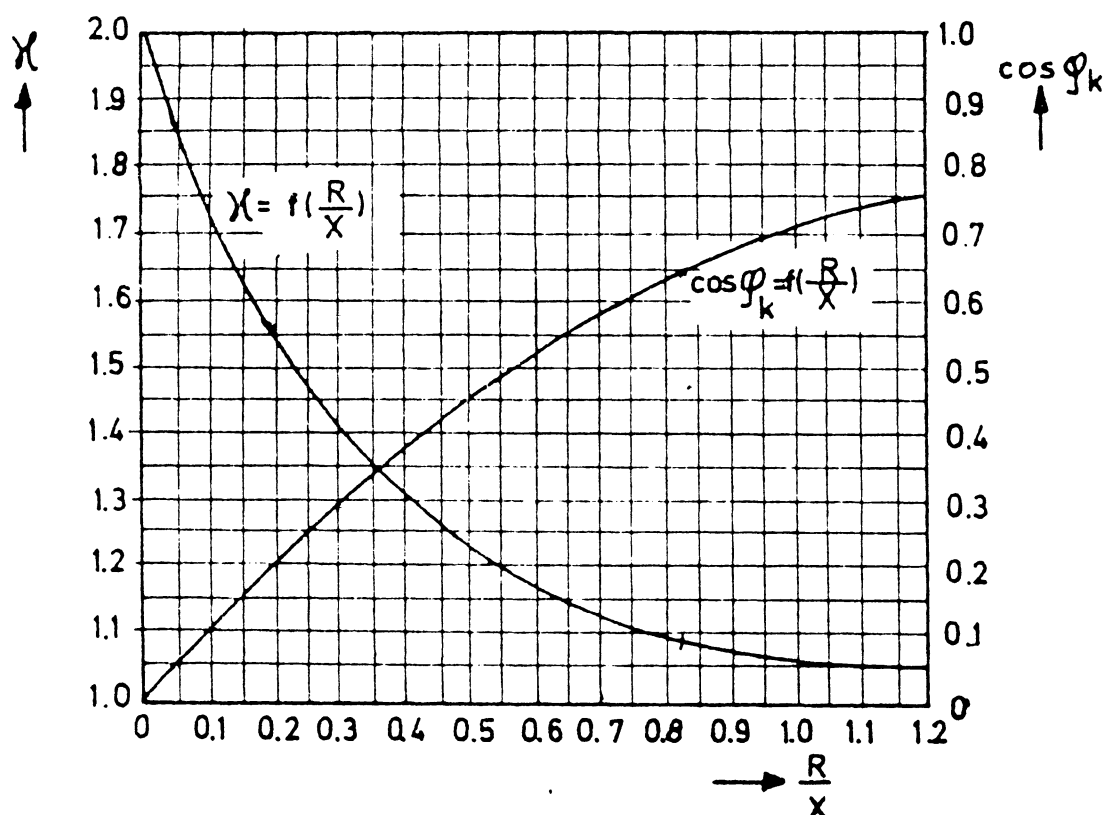
$$\hat{I}_s = \kappa \sqrt{2} I_k^{11} \quad (4)$$

hvor

$$I_k^{11} = \frac{U_n}{\sqrt{3} |R_k + X_k + X_d^{11}|} \quad (5)$$

og κ er bestemt av $\cos\phi_k$ i kortslutningskretsen (fig. 3.5/2).

Fig. 3.5/2

Fig. 3.5/2 Støtkortslutningsfaktor κ

Motorbidrag

For kortslutningsbidrag for motorlaster legges IEC' anbefalinger til grunn (IEC Publication 92-4).

I kortslutningsøyeblikket (ekstrapolert til $t=0$)	6.25	I_m	(6)
Ved tiden $T/2$, en halvperiode etter kortslutning	4	I_m	
Ved tiden T , en periode etter kortslutning	2.5	I_m	
Ved tiden $2T$, to perioder etter kortslutning		I_m	

hvor I_m er motorens merkestrøm.

For beregning av støtkortslutningsstrømmen ved $t = T/2$ settes bidragene fra motorlastene

$$\hat{I}_s = 8 I_m \quad (7)$$

Målinger utført ved EFI og tilsvarende målinger utført i utlandet har gitt indikasjoner om at faktoren 8 er for lav. Målingene har gitt verdier på opptil $17 \times I_n$. Videre forskning på området vil gi et svar på om dette er riktig. Hvis så er tilfelle, vil det bety at brytere og annet utstyr kan bli kraftig underdimensjonert og en justering av denne faktoren vil være nødvendig.

Dersom maksimal motorkapasitet i kortslutningsøyeblikket ikke er kjent, settes denne lik 2/3 av total generatorkapasitet.

Ekvivalentkrets for generatorer og motorer i parallell

For beregning av kortslutningsstrømmens tallverdi neglisjeres generatorens ohmske motstand.

Ved bestemmelse av maksimal kortslutningsstrøm utføres beregningene med størst tenkelig generatorkapasitet i parallell.

Parallellarbeidende generatorer med like merkedata kan ekvivaleres med én generator med ytelse lik summen av enkeltgeneratorene og reaktanser lik parallellkopling av reaktansene til enkeltgeneratorene.

For generatorer med forskjellig ytelse og subtransient reaktans kan dataene for ekvivalentgeneratoren bestemmes av:

$$S = S_1 + S_2 + \dots S_n = \sum S_{ni}$$

$$I = I_1 + I_2 + \dots I_n = \sum I_{ni}$$

$$I_k^{11} = I_{k1}^{11} + I_{k2}^{11} + \dots I_{kn}^{11} = \sum I_{ki}^{11}$$

(8)

$$x_d^{11} \text{ (p u)} = \frac{\sum I_{ni}^{11}}{\sum I_{ki}^{11}}$$

Alternativt ekvivaleres systemet med en konstant spenning bak en subtransient reaktans, hvor den resulterende subtransiente reaktans er en parallellkopling av tilsvarende reaktanser hos de parallellarbeidende generatorer og den konstante spenning er merkespenning eller 1,1 x merkespenning (se tidligere ang. generatorbidrag).

Alle motorlaster representeres ved en ekvivalent motor med ytelse lik total installert motorytelse. Denne ekvivalente motoren er direkte knyttet til hovedsamleskinnen. Se fig. 3.5/3.

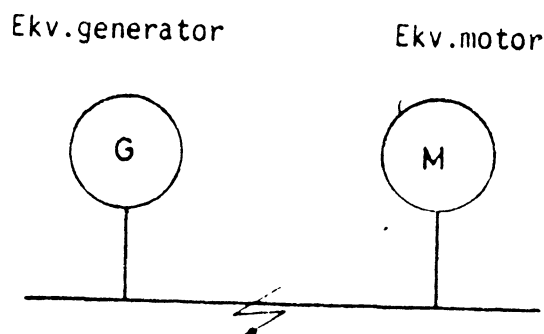


Fig. 3.5/3 Ekvivalentskjema for paralleltarbeidende generatorer og motorer

Totale kortslutningsstrømmer

Totale kortslutningsstrømmer på det aktuelle sted i nettet blir summen av generator- og motorbidrag.

Ved beregning av symmetrisk kortslutningsstrøm ved kortslutning nær hovedsamleskinnene settes total, maksimal kortslutningsstrøm lik subtransient bidrag fra generatorer pluss bidrag fra ekvivalent motor ved $t = T/2$ (fig.3.5/4).

$$I_{k,max}^{11} = I_{k, gen}^{11} + 4 \cdot I_m \quad (9)$$

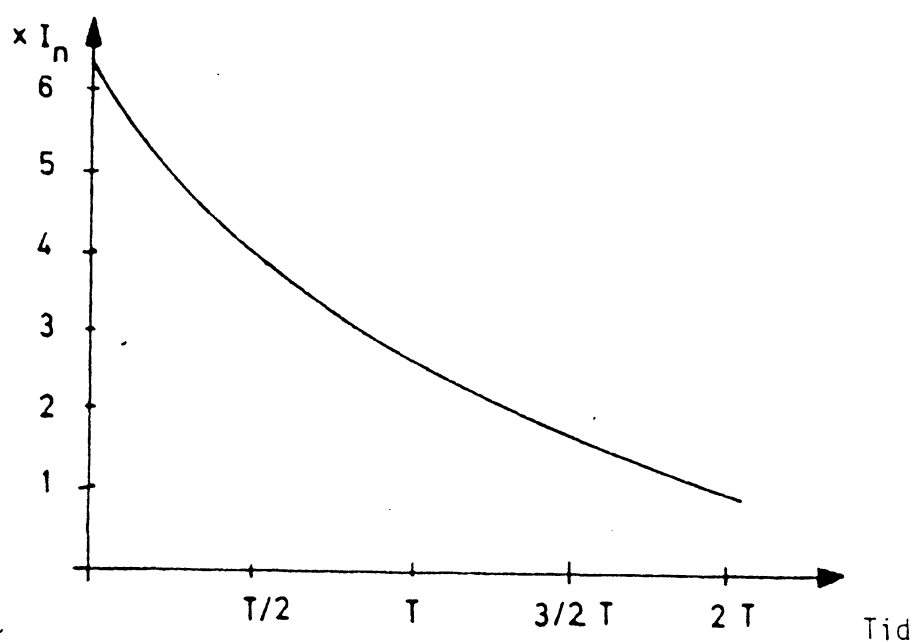


Fig. 3.5/4 Motorbidrag ved kortslutning

Maksimal, total støtkortslutningsstrøm fås ved aritmetisk summasjon av bidragene fra generatorer og motorer. For generatorbidrag er det vanlig å legge kortslutningsstrømmene ved kortslutning fra tomgang til grunn for beregningene. Dette begrunnes med at støtkortslutningsstrømmen ikke vil øke like mye som den symmetriske kortslutningsstrømmen fra tomgang til last. Videre vil kortslutningsbidragene fra motorer reduseres når disse belastes og altså den indre spenningen i motorene reduseres. Støtkortslutningsstrømmene eller den usymmetriske maksimalverdi settes:

$$\hat{I}_s = \kappa \sqrt{2} \cdot I_{k,gen}^{11} + 3 \cdot I_m \quad (10)$$

Ved kortslutning ute i nettet over en ytre impedans beregnes symmetrisk kortslutningsstrøm utfra ekvivalentskjema vist på fig. 3.5/5. Motorens subtransiente impedans settes ved beregning av kortslutningsstrømmens tallverdi rent reaktiv (X_m^{11}). Dens størrelse settes i samsvar med det foregående lik 0.25 p u. (25% av merkeimpedans).

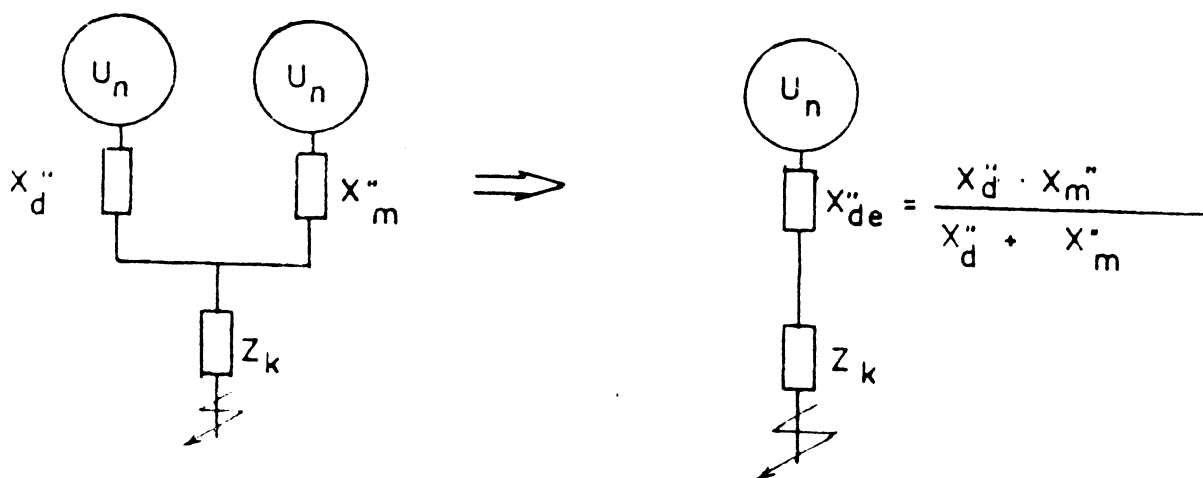


Fig. 3.5/5 Ekvivalentskjema ved kortslutningsberegninger.

Støtkortslutningsstrømmen ute i nettet beregnes fra formel (4).

Bryterytelse

Bryterens brytekapasitet må ikke være mindre enn den forventede maksimale, symmetriske kortslutningsstrøm. Den symmetriske utkoplingsstrøm settes lik kortslutningsstrømmens subtransiente verdi (lign. 9).

$$I_a = I_k^{11}, \max \quad (11)$$

Dersom aktuell kortslutningsstrøm ligger i nærheten av bryterens bryteytelse, må det ved kortslutninger nær generatoren spesielt tas hensyn til kortslutningskretsens effektfaktor $\cos \phi_k$. Disse vil ved klemmekortslutning være mindre enn de verdiene bryterens kapasitet er referert til. Brytekapasiteten reduseres da med en faktor:

$$c = \frac{\kappa_b}{\kappa_k} \quad (12)$$

hvor κ_k er bestemt av den aktuelle kortslutningskretsen og κ_b er gitt av bryterdata og fig. 3.5/2.

Det forutsettes at bryterens brytekapasitet er gitt i henhold til IEC standard. Denne forutsetter at den oppgitte brytekapasitet er referert til symmetrisk kortslutningsstrøm og bryteren i tillegg har innebygget kapasitet til bryting av likestrømsleddet.

Bryterens innkoplingsytelse må være større enn den maksimale støtkortslutningsstrømmen på det aktuelle sted i nettet. Som regel vil det være bryterens innkoplingsytelse og ikke bryteytelsen, som er bestemmende ved valg av bryterstørrelse.

En må i denne sammenheng være oppmerksom på at det vanligvis er bryterne ut fra hovedsamleskinnene, og ikke generatorbryterne, som må ha den største brytekapasitet. Disse er i tillegg utstyrt med lavere tidsforsinkelse enn generatorbryterne.

Eksempel 1:

Bryterdata: 10KA, $\cos\phi_b = 0,3$

Kortslutning ved $\cos\phi_k = 0,10$

$$\begin{aligned} \text{Reell bryteytelse } I_a^1 &= \frac{\kappa_b}{\kappa_k} I_a \\ &= \frac{1.37}{1.67} \cdot 10 = \underline{\underline{8.25 \text{ KA}}} \end{aligned}$$

Ved bestemmelse av utkopplingsstrømmen tas det vanligvis ikke hensyn til kortslutningsstrømmens reduksjon pga. tidsforsinkelse for å oppnå selektivitet. Hvor dette likevel er ønskelig, anvendes en reduksjonsfaktor μ for kortslutningsstrømmen (VDE 0 102). Til grunn for denne ligger de ugunstigste tidskonstanter en kan regne med å ha i et skipsnett.

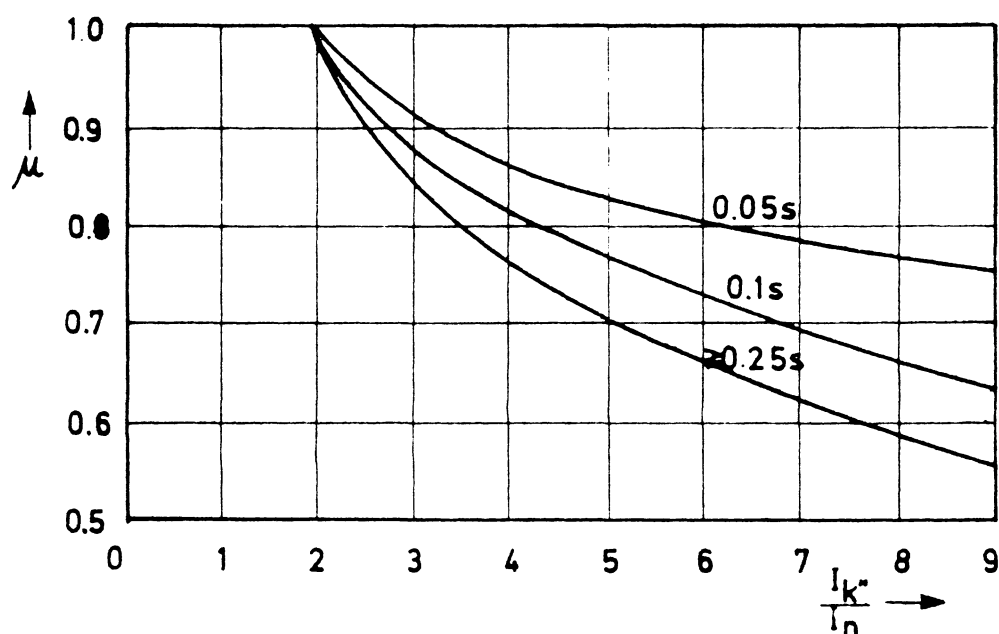


Fig. 3.5/6 Reduksjonsfaktor for utkopplingsstrøm

Minimale kortslutningsstrømmer.

De minimale kortslutningsstrømmene er bestemmende for innstilling av kortslutningsvernet. Ved beregning av minimale kortslutningsstrømmer gjelder følgende:

- Det regnes med minimum generatorkapasitet i parallell.
- En tar bare hensyn til den symmetriske effektivverdi av kortslutningsstrømmen.
- Alle bidrag fra motorlaster neglisjeres.
- En regner med maksimal impedans i kortslutningskretsen. Derav følger at en antar kortslutning på kabelen lengst mulig bak den bryteren som skal beskytte kabelen og altså foran neste bryter eller sikring i serie.

Ved bestemmelse av kortslutningsstrømmer ved klemmekortslutning på generator bestemmes denne ved tidene T_d^{11} og T_d^1 fra fig. 3.5/7 ved å se bort fra innflytelse av spenningsregulator.

Minimum symmetrisk kortslutningsstrøm over en vilkårlig impedans er

$$I_{k \text{ min}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} Z} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \sqrt{R_k^2 + (X_d + X_k)^2}}$$

Typiske verdier for kabelimpedanser er gitt i tabellen nedenfor.

A mm ²	R 1) mΩ, m	X mΩ/m	
		50Hz	60Hz
1.5	12.9	0.126	0.152
2.5	7.72	0.117	0.140
4	4.82	0.107	0.128
6	3.22	0.100	0.120
10	1.95	0.008	0.118
16	1.21	0.091	0.109
25	0.772	0.082	0.098
35	0.550	0.082	0.098
50	0.386	0.075	0.090
70	0.275	0.075	0.090
95	0.202	0.075	0.090
120	0.161	0.072	0.086
150	0.129	0.072	0.086
185	0.104	0.072	0.086
240	0.0803	0.072	0.086
300	0.0643	0.072	0.086

1) ved omgivelsestemp. 40°C.

Tabell 3.5.1 Kabelimpedanser ved kortslutningsberegninger for 3-leder skipskabel.

Eksempel 2:

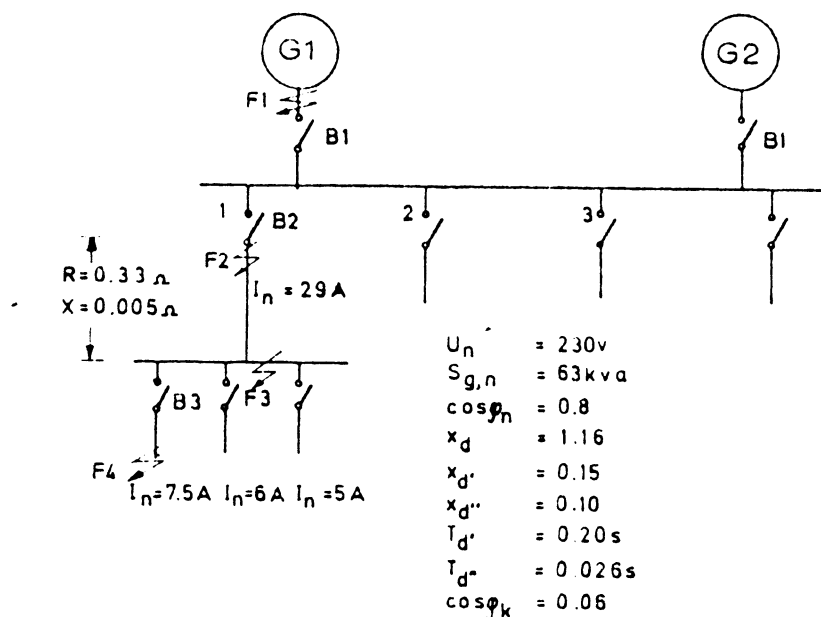


Fig. 3.5/7 Enlinjeskjema for skipselektrisk anlegg

Anlegget er som vist på fig. 3.5/7 hvor to like generatorer kan arbeide enkeltvis eller i parallell inn på en samleskinne. Merkeverdien og andre data er angitt på figuren.

Maksimale- og minimale kortslutningsstrømmer skal bestemmes for mekanisk dimensjonering, bryteytelse og innstilling av kortslutningsvern.

$$x_d = x_d \frac{U_n^2}{S_n} = 1.16 \frac{230^2}{63 \cdot 10^3} = 0.974 \Omega$$

$$x_d^1 = x_d^1 \frac{U_n^2}{S_n} = 0.126 \Omega$$

$$x_d^{11} = x_d^{11} \frac{U_n^2}{S_n} = 0.084 \Omega$$

Maksimale kortslutningsstrømmer:

Kortslutning ved F1:

$$I_{k,gen} = \frac{230}{\sqrt{3} \cdot 0.974} = 136.3 \text{ A}$$

$$I_{k,gen}^1 = \frac{230}{\sqrt{3} \cdot 0.126} = 1053.9 \text{ A}$$

$$I_{k,gen}^{11} = \frac{230}{\sqrt{3} \cdot 0.084} = 1580.8 \text{ A}$$

Den varige kortslutningsstrøm som her er beregnet vil være riktig kun for en generator uten regulator. Varig kortslutningsstrøm, $I_{k,gen}$, for en generator med spenningsregulator må måles. Den skal være større enn eller lik $3 \cdot I_n$.

Generatoren i vårt eksempel har en varig kortslutningsstrøm lik tre ganger merkestrømmen:

$$I_{k,gen} = 3 \cdot I_n = 3 \cdot 158 \text{ A} = 474 \text{ A}$$

Verdiene for subtransient og transient kortslutningsstrøm er de samme for en generator med og uten regulator.

Generatorbryter:

Ved dimensjonering av brytere regnes med maksimale strømmer, altså begge generatorene innkoplet. Brytekapasitet til generatorbryterne er bestemt av kortslutning ved F1. Maksimal motorkapasitet dersom denne ikke er kjent, settes ved disse beregningene lik 2/3 av total generatorkapasitet. Den totale kortslutningsstrømmen blir da:

$$\begin{aligned} I_{k,max}^{11} &= I_{k,gen}^{11} + 0,67 \cdot 4 \cdot 2 \cdot I_n \\ &= 1580,8 + 0,67 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 158 = 2428 \text{ A} \end{aligned}$$

Dersom man regner med en tidsforsinkelse for generatorbryteren på min $3/2 T$, vil faktoren 4 falle bort. (Se fig 3.5/4.) Man får da:

$$\begin{aligned} I_{k,max}^{11} &= I_{k,gen}^{11} + 0,67 \cdot 2 \cdot I_n \\ &= 1580,8 + 0,67 \cdot 2 \cdot 158 = 1792 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{I}_s &= \kappa \sqrt{2} I_{k, \text{gen}}^{11} + 0.67 \cdot 2 \cdot 8 \cdot I_n \\ &= 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 1580,8 + 8 \cdot 2 \cdot 0,67 \cdot 158 = 5719 \text{ A}\end{aligned}$$

Kursbryter B2:

Kortslutning ved F2 er bestemmende for denne bryteren. Samme størrelser for andre brytere ut fra hovedsamleskinne:

$$\begin{aligned}I_{k, \text{max}}^{11} &= 2I_{k, \text{gen}}^{11} + 0.67 \cdot 2 \cdot 4 \cdot I_n \\ &= 2 \cdot 1580,8 + 0.67 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 158 = 4009 \text{ A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{I}_s &= 2 \cdot \kappa \sqrt{2} I_{k, \text{gen}}^{11} + 8 \cdot 0,67 \cdot 2 \cdot I_n \\ &= 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 2 \cdot 1580,8 + 8 \cdot 0.67 \cdot 2 \cdot 158 = 9744 \text{ A}\end{aligned}$$

Kursbryter B3:

Kortslutning ved F4 er bestemmende. Bruker ekvivalent-skjema som vist i fig. 3.5/5.

$$x_m^{11} = 0.25 \cdot \frac{U_n^2}{0.67 \cdot 2 \cdot S_n} = 0.25 \frac{230^2}{0.67 \cdot 2 \cdot 63 \cdot 10^3} = 0.157 \text{ } \Omega$$

$$x_{de}^{11} = \frac{\frac{x_d^{11}}{2} \cdot x_m^{11}}{\frac{x_d^{11}}{2} + x_m^{11}} = \frac{\frac{0.084}{2} \cdot 0.157}{\frac{0.084}{2} + 0.157} = 0.033 \text{ } \Omega$$

$$I_k^{11} = \frac{U_n}{\sqrt{3} (R_k + x_k + x_{de}^{11})} = \frac{230}{\sqrt{3} (0,33 + 0,005 + 0,032)} = 360 \text{ A}$$

$$\frac{R}{X} = \frac{0,33}{0.037} \approx 9 \rightarrow \kappa = 1.05$$

$$\hat{I}_s = 1.05 \cdot \sqrt{2} \cdot 360 = 535 \text{ A}$$

Innstilling av vern:

Eksempel på innstilling av vern for anlegget i fig. 3.5/7 er vist i figur 3.5/8. På lignende måte som her anvist, analyseres selektivitet mellom to påfølgende kurser i anlegget hvor forskjellen i merkestrøm er minst.

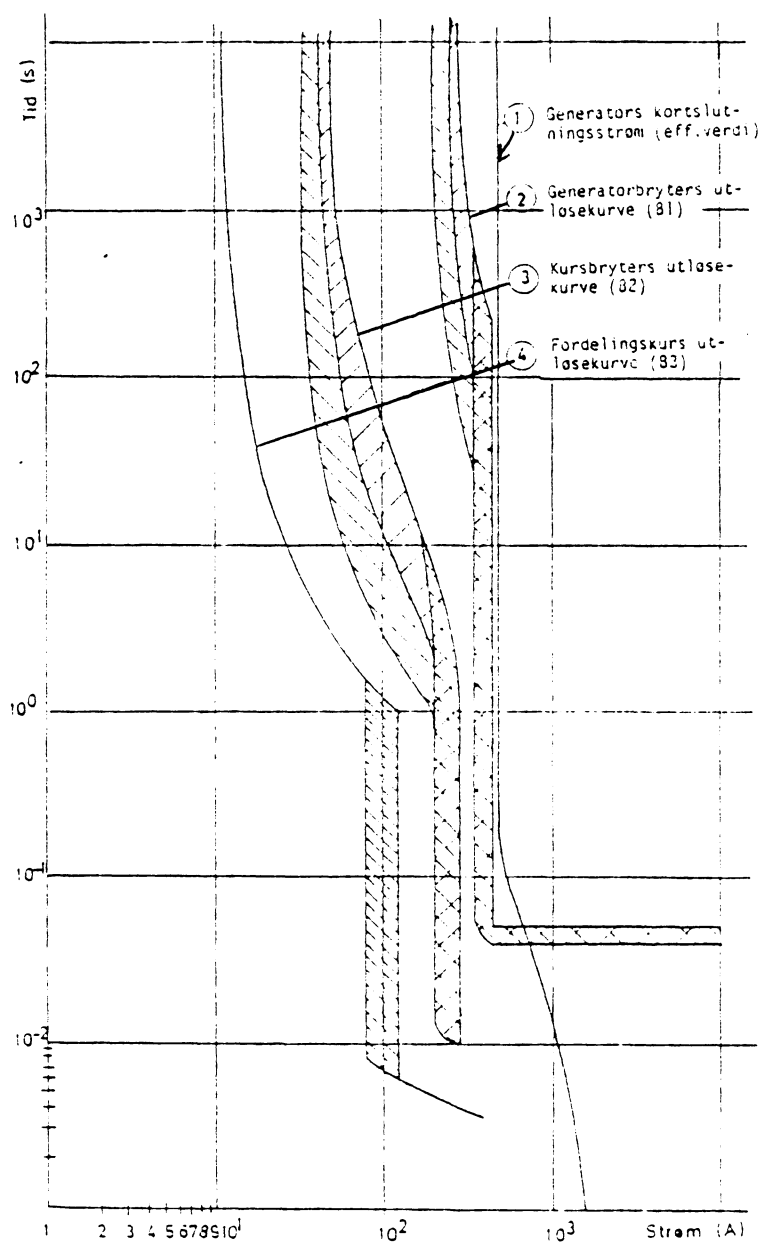


Fig. 3.5/8

Som generatorbryter velges bryter med relétype 200 som altså gir en høyest innstillbar strøm på 200 A ved 45°C. Termisk utløser innstilles etter omgivelsestemperatur på 30°C. (I rom hvor temperaturen divergerer mye fra dette, innstilles termisk vern etter den mest aktuelle omgivelsestemperatur).

Termisk utløsestrøm for generatoren settes lik $I_t = 185$ A (tilsvarer $I_t = 200$ A ved 20°C).

Tabell 3.5/2

Feilsted		F 1	F 2	F 4
Brytestrøm I_a		2428/1792 A	4009 A	360 A
$\cos\phi_k$		0.06	0.06	1.0
Støtkortsl.strøm I_s		5719 A	9744 A	535 A
Bryterdata	Bryter	B 1	B 2	B 3 (sikr)
	Bryteytelse	15 KA	10 KA	15 KA
	Innkopl.ytelse	30 KA	17 KA	-
	$\cos\phi_b$	0.5	0.3	0.5
	Red.bryteytelse	9.85 KA	7.65 KA	-

For innstilling av kortslutningsvernet er omhylningskurven for kortslutningsstrømmen for én generator tegnet inn på det dobbeltlogaritmiske papiret. Denne er bestemt ut fra metoden skissert på fig. 3.5/9. En antar ved opptegningen at kortslutningsstrømmen inntil tiden T_d^1 dempes uten innvirkning av spenningsregulatoren, (pessimistisk antagelse).

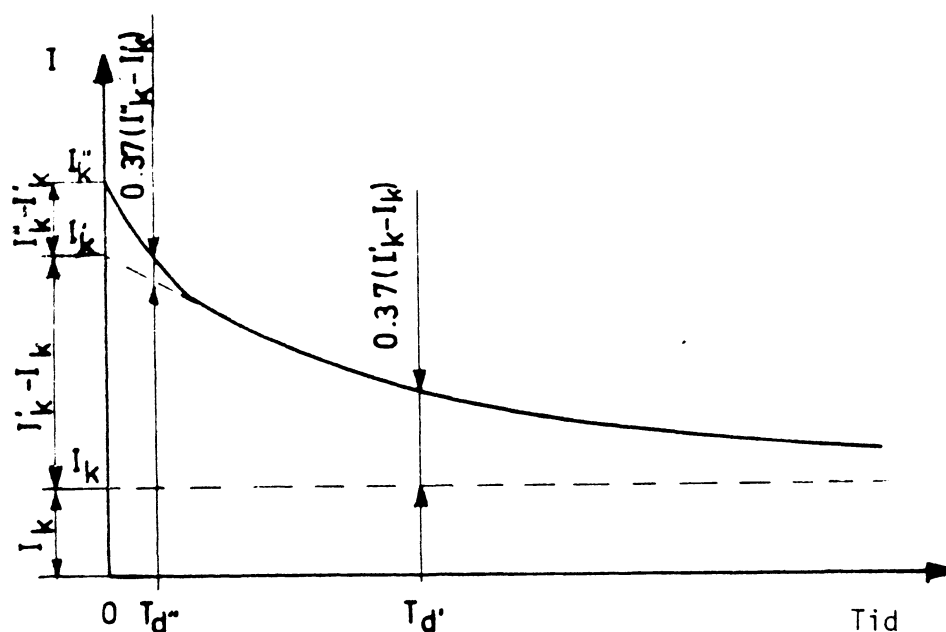


Fig. 3.5/9 Omhylningskurve for kortslutningsstrømmens effektivverdi

Kortslutningsutløsningen eller den elektromagnetiske utløsningen er satt lik $I_m = 400$ A. For å oppnå selektivitet med utgående kurser fra samleskinnen utstyres generatorbryteren med tidsforsinket elektromagnetisk utløsning på 50 ms. Som bryter til kurs 1 (B2) er valgt bryter med relétype 32. Termisk utløsestrøm ved 30°C settes lik $I_t = 32$ A (tilsvarer $I_t = 33.5$ A ved 20°C).

Angående kortslutningsvernet for bryter B2 må dette koordineres med innstilling av generatorvern samtidig som det ikke må settes høyere enn minimal kortslutningsstrøm ved F3. Her er utløsestrømmen satt til $I_m = 250$ A.

Til bryter B3 er brukt 10 A sikringsautomat som er nærmeste brukbar standard.

Eksempel 3:

Eksempelet i fig. 3.5/10 viser selektivitetsplan for en generator 39 kVA, $I_n = 102$ A. Forskriftene krever ikke effektbryter for så små generatorer. Som generatorvern er derfor valgt høyeffektsikringer 80 A. Største utgående kurs er 60 A. Denne er sikret med såkalt "Molded case"-bryter. For generatoren er angitt en varig kortslutningsstrøm ca. $3,5 \times I_n$.

Ved kortslutning vil en ha en skjæring mellom strøm/tid-karakteristikken for generator og generatorsikringer i det transiente området (~ 20 ms). Tiden vil her ikke være lang nok til sikringsbrudd. Ny skjæring mellom strøm/tid-karakteristikkene får en først etter ca. 3 sekunder. Så frakopling av generatorvernet vil først skje etter 4 - 5 sekunder. Strøm/tid-karakteristikken for største utgående kurs er av en slik karakter at det skulle være gode muligheter for selektivitet mellom denne og generatorsikringer ved kortslutning.

En ser videre at generatorsikringer ikke vil gi noe vern mot overbelastning ved en belastningsstrøm lik 110% - 125% av merkestrøm.

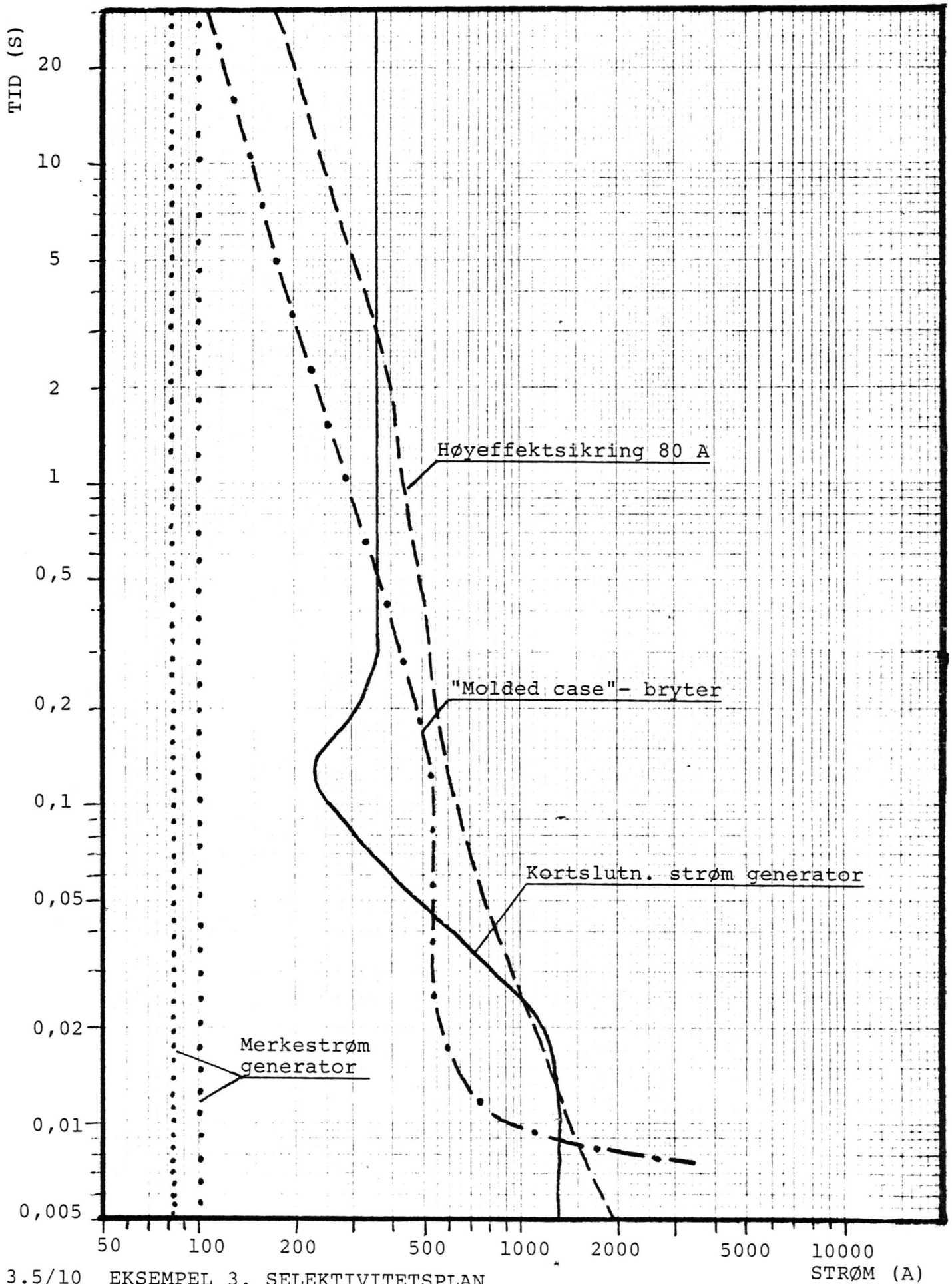


Fig. 3.5/10 EKSEMPEL 3. SELEKTIVITETSPLAN
 Generator 39 kVA, 102 A, nedstemplet til 32 kVA, 84 A.

Eksempel 4:

Eksempelet i fig. 3.5/11 krever heller ikke effektbryter for generator. Merkestrøm for generator er 123 A. Hverken 125 A eller 100 A høyeffektpatroner vil gi tilstrekkelig kortslutningsvern. Utløsning først etter henholdsvis 12 sekunder og 6 sekunder. Ingen av sikringene vil gi overstrømsvern for generator.

Eksempel 3 og 4 viser at en må være særlig påpasselig ved bruk av sikringer som generatorvern.

Eksempel 5:

Eksempelet i fig. 3.5/12 viser selektivitetsplan med elektroniske sekundære reléer som styrer utkoplingen av effektbryter. Disse reléer er innstillbare i tid og strøm. Her er nyttet overstrømsvern som også har kortslutningsutkopling i tillegg og eget kortslutningsvern.

Største utgående kurs fra hovedtavlen er på 100 A.

Generators merkestrøm er på 250 A. Strøm/tid-karakteristikken for generatoren er som vist på figuren. Utløsning av generatorbryter ved kortslutning er angitt både i tid og strømstørrelse. Sekundærstrømmen som skal gi utløsning av kortslutningsvernet er angitt ut fra omsetningsforholdet for strømtransformatoren og ønsket utløsningsverdi for kortslutningsstrømmen.

Karakteristikken for kursbryteren er tegnet inn i det transiente område av strømkurven. Utløsetiden vil være i området 4 - 5 ms. I praksis antas at tiden vil være noe større, men likevel godt under 400 ms som er utløsetiden for generatorbryter. Selektivitetskravet skulle således være oppfylt.

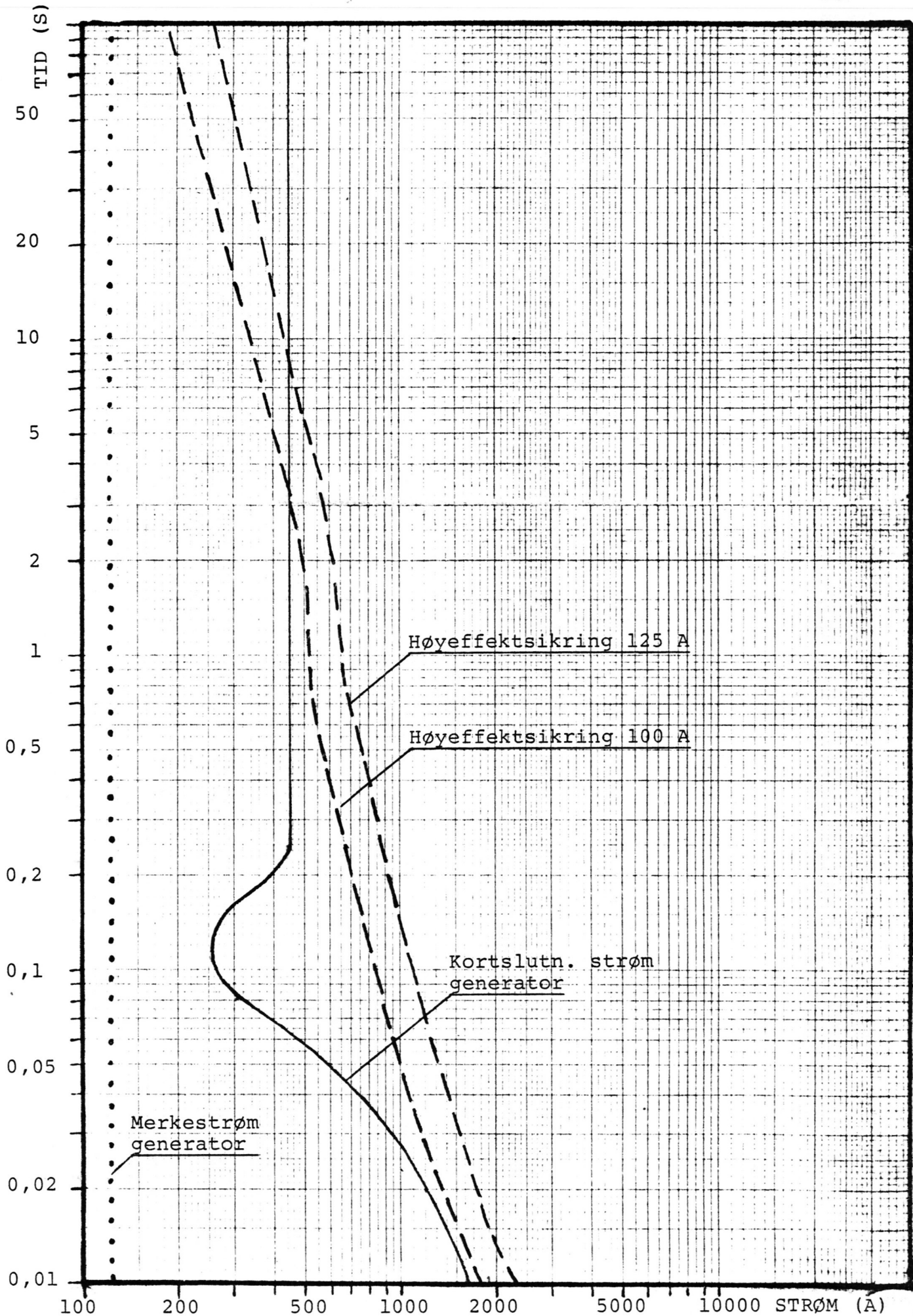


Fig. 3.5/11. EKSEMPEL 4. SELEKTIVITETSPLAN.
Generator 47 kVA, 123 A.

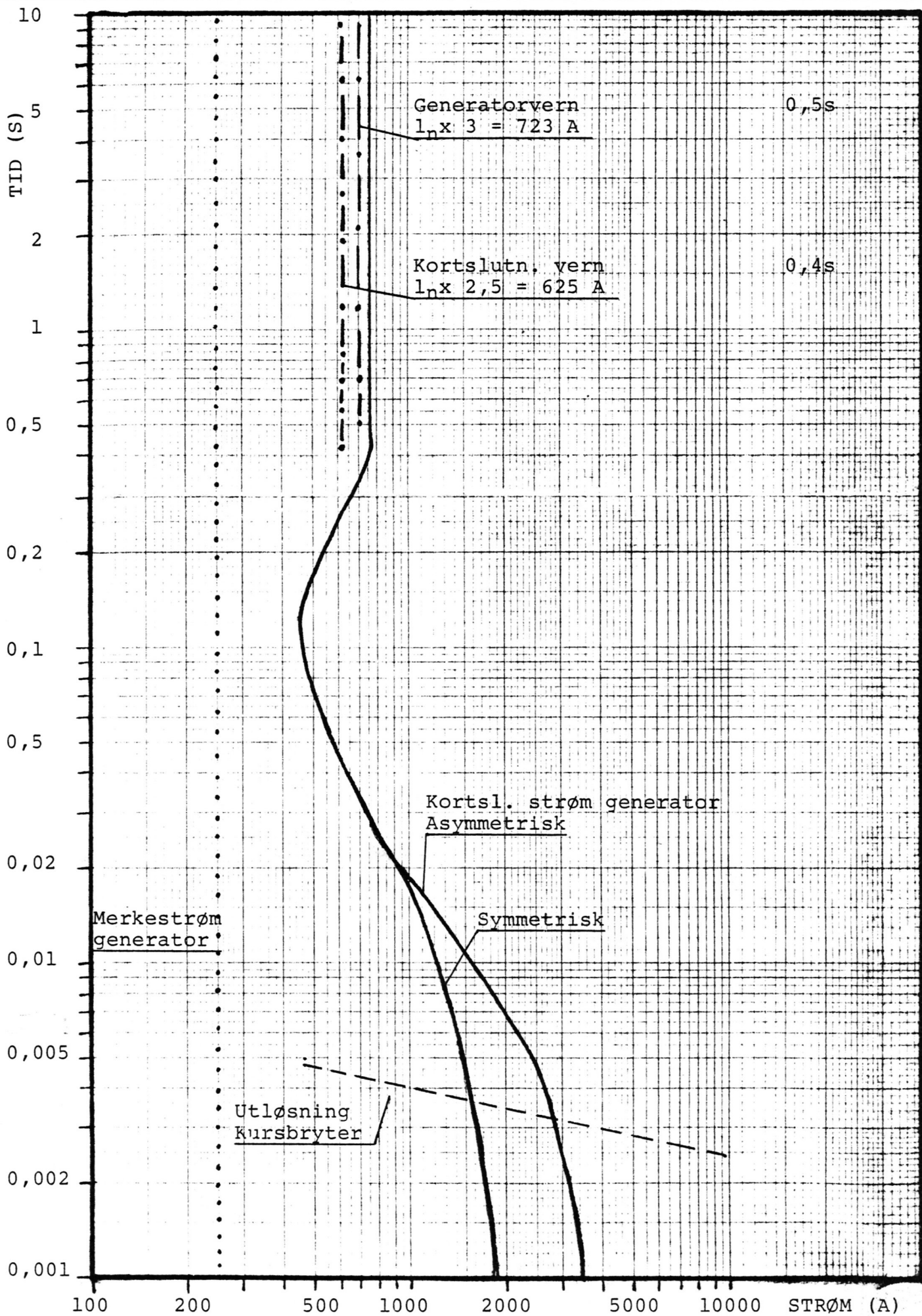


Fig.3.5/12. EKSEMPEL 5 SELEKTIVITETSPLAN.
Generator 100 kVA, 250A.

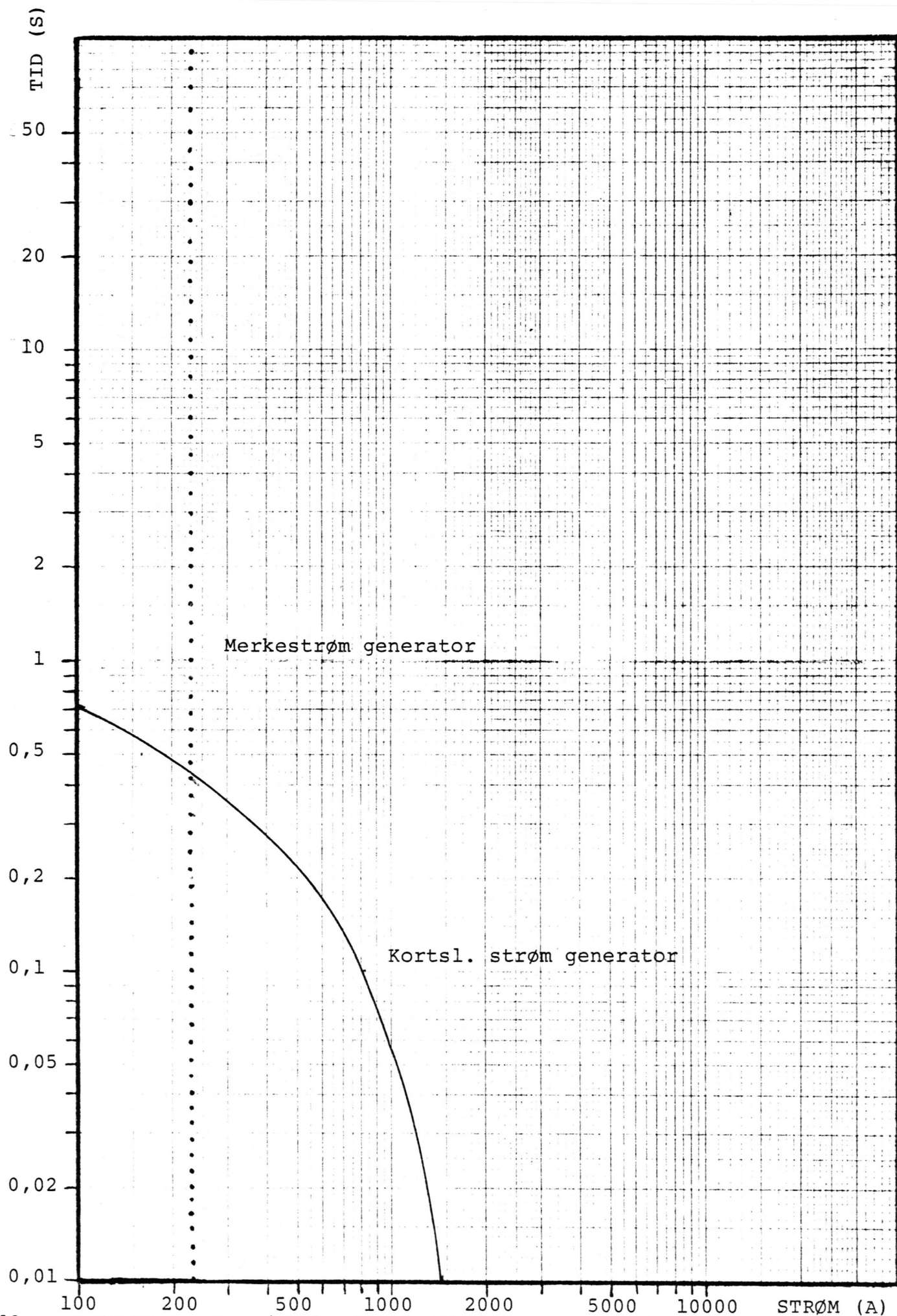
Kortslutningsvernet som er brukt er kun strømvhengig, ikke spenningsavhengig, så dette vernet vil ikke bewirke til utkopling av effektbryter selv om spenningen går mot 0.

Imidlertid må det tas hensyn til at effektbryterens nullspenningsspole må tidsforsinkes for å sikre selektivitet.

Eksempel 6:

Eksempelet i fig. 3.5/12 viser strøm/tid-karakteristikken for en type generatorer uten magnetiseringsutstyr som ikke opprettholder en varig kortslutningsstrøm lik 3 x merkestrøm. Strømmen vil gå ned til 0 i løpet av ca. 0,8 s - 1 s. Dette vil vanligvis føre til black-out av hele det elektriske anlegget.

Det er således av største betydning at kravet til en varig kortslutningsstrøm på 3 x merkestrøm er oppfylt.



3.5/13. EKSEMPEL 6. Strøm/tid karakteristikk for generator 175 kVA, 230A, som ikke har egnet magnetiseringsutstyr.

3.6 REFERANSE

Elektrisitetstilsynets retningslinjer for prøving av elektriske anlegg om bord i skip er basert på et forslag utarbeidet av et utvalg som har bestått av:

O.ing. B.G. Bøhn NVE, Elektrisitetstilsynet 3. distrikt			
O.ing. R. Gjørven	"	"	1. "
Avd.ing. N. Skaatøy	"	"	4. "
O.ing. L.B. Grøn NVE, Elektrisitetsdirektoratet.			

Her er kun foretatt mindre endringer i forhold til det opprinnelige utkast.

Avsnitt 3.5 er i det alt vesentlige hentet fra Sjøforsvarets RAR del VIII. Det er gjort noen mindre endringer i forhold til originalteksten.

Forøvrig har Siemens, NEBB og EFI/NTH bidratt med bakgrunnsstoff for arbeidsutvalget.

Retningslinjene (kap. 0, 1 og 2) har vært til behandling i Den permanente forskriftskomiteé, Skipsutvalget.