

1 HENSIKT OG OMFANG	3
2 GENERELLE KRAV TIL ENERGIFORSYNINGEN	4
2.1 Overordnet krav	4
2.2 Spenningskrav	4
2.3 Krav til behandling av driftsituasjoner (redundanskrav):	5
2.4 Tilgjengelighetskrav	7
2.5 Belastningskrav (strøm-/effektkrav)	9
2.6 Trafikkkrav	9
3 TILGJENGELIGHET FOR MATESTASJONER.....	10
3.1 Tilgjengelighet for en matestasjon	10
3.2 Levetid	10
4 1-FASE BELASTNING.....	11
4.1 Dimensjonerende kortslutningsstrøm	11
4.2 Overharmonisk belastningsstrøm	11
5 SPENNINGSKVALITET	12
6 STABILITET 1-FASE SIDEN	13
7 SAMKJØRING	14
7.1 Effektflyt	14
7.2 Startprosedyrer	14
7.3 Faseomforming, synkronisme.....	14
7.4 Funksjonskrav ved overlast og kortslutning	15
8 TILBAKEMATING	16
9 UTEFFEKT SOM FUNKSJON AV KLIMATISKE FORHOLD	17
10 GENERELLE KRAV TIL BYGG.....	18
10.1 Krav til branninndeling.....	18
10.2 Brannvarsling og brannslukking.....	18
11 UTGÅENDE LINJEUTRUSTNING, 15 KV 1 FASE	19
11.1 Funksjon.....	19
11.2 Kapasitet.....	19
11.3 Dimensjonering.....	19
11.4 Sikkerhet.....	20
11.4.1 Forrigling ved manøver av X-skillebryter	20
11.5 Grensesnitt.....	20
12 VERN FOR UTGÅENDE LINJEUTRUSTNING OG KONTAKTLEDNINGSANLEGG	21
12.1 Generelt	21
12.2 Vernspesifikke definisjoner	21
12.3 Krav til reléplan.....	23
12.4 Krav til tilgjengelighet	23
12.5 Verninndeling.....	24
12.6 Vernfunksjonalitet for utgående linjeavganger	25
12.6.1 Hovedvern.....	25
12.6.2 Reservevern.....	27
12.7 Samleskinnevern	29
12.8 Bryterfeilvern	29
12.9 Vernutrustning mot 100 Hz komponenter	30
12.10 Vern ved innkobling	31
13 JORDING	33
13.1 Generelt	33
13.2 Funksjon.....	33
13.2.1 Beskyttelsesjord og driftsjord	33
13.2.2 Utgående linjeutrustning.....	33
14 MÅLINGER OG MÅLEUTSTYR	34

Energiforsyning

14.1 Generelt	34
14.2 Sum stasjon	34
14.3 Utgående linjer	34
15 FJERNSTYRING	35
15.1 Generelt	35
15.2 Signalomfang	35
16 NØDFRAKOBLING	36
17 OMGIVELSER OG MILJØ	37
17.1 Generelt	37
17.2 Klimatiske forhold	37
17.3 Akustisk støy	37
17.4 EMC	37
17.5 Psfometrisk støystrom	38
17.6 Impulsstøy fra energiforsyningsanlegg	38
17.7 Radiostøy	38

1 HENSIKT OG OMFANG

Dette kapitlet fastlegger generelle regler og krav for prosjektering av det totale strømforsyningsanlegget inkludert matestasjoner. Kapitlet skal sikre at strømforsyningsanlegget gir tilstrekkelig kraft til togfremføring og at kraften er av ønsket kvalitet innenfor gitte rammer.

2 GENERELLE KRAV TIL ENERGIFORSYNINGEN

For tog fremført med elektrisk trekraftmateriell er den elektriske energiforsyningens kvalitet viktig for å kunne holde ruteplanen. Med den elektriske energiforsyningen menes både banestrømforsyningsanlegg og kontaktledningsanlegg for levering av elektrisk energi helt fram til togets strømvaktaker.

Med *normal trafikk* menes:

- Trafikk i henhold til den til enhver tid gjeldende ruteplan, inklusive ekstratog kjørt innenfor rammene av restkapasitet, og de til enhver tid gjeldende ruteplanforutsetninger for vurderinger i forhold til vedlikeholdsregelverket
 - Fremtidig trafikkprognose (se avsnitt 2.6) for vurderinger i forhold til prosjekteringsregelverket
- Begrepet trafikk omfatter både ruteplan, togsammensetning/trekraft og togvekt.

Med *normal infrastruktur* menes:

- Drift av og forhold ved infrastrukturen som lagt til grunn under prosjektering av opprinnelig anlegg, det gjelder både
 - koblingsbilde i overføringsnett,
 - tilgjengelig og installert ytelse i matestasjoner,
 - samkjøring av matestasjoner samt
 - bruk av andre banestrømforsyningsanlegg (kondensatorbatterier etc).

Med overføringsnett menes kontaktledning, mateledning, fjernledning og AT-ledninger.

2.1 Overordnet krav

- a) Kvaliteten på den elektriske energiforsyningen skal ved *normal infrastruktur* ikke være en begrensning for *normal trafikk*.
- b) *Normal infrastruktur* skal utvikles slik at kvaliteten på den elektriske energiforsyningen ikke blir begrensende for *normal trafikk*.
- c) Kvaliteten på den elektriske energiforsyningen skal tilpasses de andre infrastrukturelementene slik at infrastrukturen, samlet sett, blir mest mulig optimal på kort og lang sikt sett i forhold til både drift-, vedlikeholds- og investeringskostnader samt kapasitet og tilgjengelighet for togframføring.

2.2 Spenningskrav

- a) Spenningen på togs strømvaktaker skal ikke underskride verdiene gitt i tabell 5.1.
 1. Dersom den vurderte trafikken ikke inkluderer endringene angitt i avsnitt 2.3 punkt a)3.1 og b)3.1 er bær-kravene i tabellen å oppfatte som skal-krav.
 2. Vurdering av spenning:
 - 2.1. Med kortvarig spenning menes laveste effektivverdi av spenning som måles på togs strømvaktaker. Ett sekund er godkjent samplingsintervall.
 - 2.2. Med langvarig spenning menes gjennomsnitt av effektivverdi av spenning over en periode av 2 minutter som måles på togs strømvaktaker.
 - 2.3. Med gjennomsnittlig spenning menes $U_{\text{mean useful}}$ for tog (train) og område (zone) som definert i EN 50388.

Tabell 5.1 Krav til spenning. Alle tall i kV.

	Type krav	Kortvarig	Langvarig	Gjennomsnitt
Normalt krav	Vedlikehold	Skal $\geq 12,0$ Bør $\geq 12,5$	Bør $\geq 13,5$	Skal $\geq 13,5$
	Prosjektering	Skal $\geq 13,0$	Skal $\geq 14,0$	Skal $\geq 14,0$
Redusert krav	Vedlikehold	Skal $\geq 11,0$	Skal $\geq 12,0$	Skal $\geq 13,5$
	Prosjektering	Skal $\geq 12,0$	Skal $\geq 12,0$	Skal $\geq 13,5$

2.3 Krav til behandling av driftsituasjoner (redundanskrav):

- a) Det stilles *normalt krav* til spenning i *normale driftsituasjoner* og i *normale driftsituasjoner med endringer som ofte kan forventes*.
- Den elektriske energiforsyningen skal ikke medføre forstyrrelser, forsinkelser og begrensninger for togtrafikken.
 - Med *normal driftsituasjon* menes:
 - Normal trafikk*
 - Normal infrastruktur*
 - Vedlikehold hvor *normal infrastruktur* kan opprettholdes
 - Med *normale driftsituasjoner med endringer som ofte kan forventes* menes for eksempel:
 - Trafikk:
 - Forsinkelser i togtrafikken som en normalt kan forvente.
 - Enkelttilfeller av bytte av trekraft.
 - Enkelttilfeller av ekstra vogner i persontog.
 - Enkelttilfeller av øket lastvekt for godstog dersom operativ ruteplanlegger tillater dette.
 - Ekstratog på baner med baneprioritet 1, 2 og 3.
 - Infrastruktur:
 - Uforutsett utfall/stans av en mateenhet i en matestasjon i Oslo-området.
Med Oslo-området menes banestrekningene med baneprioritet 1 i og rundt Oslo.
- b) Det stilles *reduisert krav* til spenning i *avvikssituasjoner*.
- Forsinkelser og begrensninger i togtrafikken bør unngås ved vurderinger i forhold til vedlikeholdsregelverket
 - Forsinkelser og begrensninger i togtrafikken skal unngås ved vurderinger i forhold til prosjekteringsregelverket
 - Med *avvikssituasjoner* menes for eksempel:
 - Trafikk:
 - Ekstratog på baner med baneprioritet 4 og 5.
 - Infrastruktur:
 - Feil i matestasjon hvor matestasjonen ikke kontinuerlig kan mate ut 100 % av stasjonens installerte ytelse fordelt på alle utgående linjeavganger.
 - Samtidig utfall/stans av en mateenhet i to forskjellige matestasjoner i Oslo-området.
 - Vedlikehold:
 - Planlagt vedlikehold av overføringsnett eller andre seriekomponenter (kondensatorbatteri etc.) som ikke hindrer togframføringen fysisk.
 - Planlagt vedlikehold av matestasjoner hvor matestasjonen ikke kontinuerlig kan mate ut etterspurt effekt fordelt på alle utgående linjeavganger.
 - Kravene vedrørende planlagt vedlikehold anses også som oppfylt dersom vedlikeholdet kan legges til perioder med liten trafikk slik at *normalt krav* til spenning kan opprettholdes for de togene som på det tidspunktet er i trafikk.

- c) Det stilles redusert krav til spenning i unormale driftsituasjoner.
1. Forsinkelser og begrensninger i togtrafikken bør begrenses/redueres ved vurderinger i forhold til vedlikeholdsregelverket
 2. Forsinkelser og begrensninger i togtrafikken skal begrenses/redueres ved vurderinger i forhold til prosjekteringsregelverket
 3. Med *unormale driftsituasjoner* menes for eksempel:
 - 3.1. Trafikk:
 - 3.1.1. Oppløsning etter masseforsinkelse i henhold til gjeldende rutiner
 - 3.2. Infrastruktur:
 - 3.2.1. Alvorlig feil i matestasjon hvor matestasjonen ikke kontinuerlig kan mate ut 50 % av stasjonens installerte ytelse fordelt på alle utgående linjeavganger.
 - 3.2.2. Utfall av energiforsyning til en matestasjon
 - 3.2.3. Brudd i samkjøringen, både planlagt og uforutsett, mellom matestasjoner som følge av brudd i samkjøringen i trefasenettet.
 - 3.2.4. Uforutsett brudd på samkjøringen eller elektrisk øydannelse på grunn av brudd i overføringsnett og andre seriekomponenter (kondensatorbatteri etc.) som ikke fysisk hindrer togframføringen på de(n) elektriske øyen(e).
Med elektrisk øydannelse menes seksjonering av overføringsnett som fører til at banestrekninger eller deler av banestrekninger isoleres elektrisk fra samkjøringen med resten av nettet.
 - 3.3. Vedlikehold av infrastruktur:
 - 3.3.1. Større vedlikehold av matestasjoner hvor begrensning i ytelsen er nødvendig, for eksempel bytte av roterende aggregater.
 4. Begrensning/reduksjon av forsinkelser og begrensninger i togtrafikken som følge av lav spenning på togs strømtakere kan for eksempel være:
 - 4.1. Strategiske, taktiske og/eller operative disponeringer i trafikken.
 - 4.2. Optimalisering av seksjoneringsmuligheter.
 - 4.3. Etablering av flere mulige matingsveier.
 - 4.4. Planlegging av vedlikehold.
- d) Det stilles ikke krav til spenningen i berørt(e) seksjon(er) i *situasjoner der togtrafikk ikke er mulig*.
1. Energiforsyningens nedetid i *situasjoner der togtrafikk ikke er mulig* skal reduseres mest mulig
 2. Med *situasjoner der togtrafikk ikke er mulig* menes for eksempel:
 - 2.1. Trafikk:
 - 2.1.1. Stående feil/kortslutning i rullende materiell.
 - 2.2. Infrastruktur:
 - 2.2.1. Regionalt kraftsystemutfall med manglende energiforsyning til to eller flere nærliggende matestasjoner.
 - 2.2.2. Brudd i samkjøringen, både planlagt og uforutsett, i overføringsnett som fysisk hindrer togframføringen.
 - 2.2.3. Utsiktet utløsning av nødfrakobling
 - 2.3. Vedlikehold:
 - 2.3.1. Annet vedlikehold (ikke energiforsyningen) som hindrer fysisk togframføringen.

Energiforsyning

2.4 Tilgjengelighetskrav

- a) Den elektriske energiforsyningens nedetid per år for togframføring i henhold til *normal trafikk med endringer som ofte kan forventes* bør ved vurderinger i forhold til vedlikeholdsregelverket, og skal ved vurderinger i forhold til prosjekteringsregelverket, være mindre enn gitt i tabell 5.2.
1. Tilgjengelighetskravene gjelder forstyrrelser og begrensninger i togtrafikken på grunn av feil med og vedlikehold av den elektriske energiforsyningen. Feil og avbrudd som kan lastes togselskap eller deres aktivitet regnes i utgangspunktet ikke med ved beregning av nedetid.
 2. Den elektriske energiforsyningens nedetid per år for togframføring i henhold til *normal trafikk med endringer som ofte kan forventes* på grunn av enkelthendelser bør tilfredsstillende verdiene gitt i tabell 5.3.
 3. Nedetiden på grunn av enkelthendelser kan fravikes dersom systemets totale nedetid ikke økes. Vurderingene som legges til grunn for dette skal dokumenteres.

Tabell 5.2 *Krav til maksimal nedetid med ulike konsekvenser oppgitt i timer per spormil per år*

Baneprioritet	a) Tillatt tid for feil uten konsekvenser for togtrafikken	b) Tillatt tid for redusert krav til spenning hvor forsinkelser og begrensninger i togtrafikken unngås	c) Tillatt tid for redusert krav til spenning hvor forsinkelser og begrensninger i togtrafikken begrenses/ reduseres	d) Tillatt tid uten krav til spenning i berørt(e) seksjon(er) hvor togtrafikk ikke er mulig
1: Oslo-området	5	13	0,5	0,5
1-3	-	22	0,7	0,5
4-5	-	43	1,4	1,0

Tabell 5.3 Krav til maksimal nedetid for ulike typer enkelthendelser oppgitt i antall timer per år

Konsekvens/årsak	Baneprioritet 1, 2 og 3	Baneprioritet 4 og 5
a) Tillatt tid for enkelthendelser av feil uten konsekvenser for togtrafikken		
3.2.1 Uforutsett utfall/stans av en mateenhet i en matestasjon i Oslo-området.	44 per stasjon	N/A
b) Tillatt tid for enkelthendelser med redusert krav til spenning hvor forsinkelser og begrensninger i togtrafikken unngås		
3.2.1 Feil i matestasjon hvor matestasjonen ikke kontinuerlig kan mate ut 100 % av stasjonens installerte ytelse fordelt på alle utgående linjeavganger. (se også avsnitt 3Tilgjengelighet for matestasjoner)	44 per stasjon	88 per stasjon per år
3.2.2 Samtidig utfall/stans av en mateenhet i to forskjellige matestasjoner i Oslo-området.	1 for hele Oslo-området	N/A
3.3.1 Planlagt vedlikehold av overføringsnett eller andre seriekomponenter (kondensatorbatteri etc.) som ikke hindrer togframføringen fysisk.	5 per spormil	10 per spormil
3.3.2 Planlagt vedlikehold av matestasjoner hvor matestasjonen ikke kontinuerlig kan mate ut etterspurt effekt fordelt på alle utgående linjeavganger.	22 per stasjon	44 per stasjon
c) Tillatt tid for enkelthendelser med redusert krav til spenning hvor forsinkelser og begrensninger i togtrafikken begrenses/reduseres		
3.2.1 Alvorlig feil i matestasjon hvor matestasjonen ikke kontinuerlig kan mate ut 50 % av stasjonens installerte ytelse fordelt på alle utgående linjeavganger. (se også avsnitt 3Tilgjengelighet for matestasjoner)	0,85 per stasjon	1,7 per stasjon
3.2.2 Utfall av energiforsyning til en matestasjon	0,15 per stasjon	0,30 per stasjon
3.2.3 Brudd i samkjøringen, både planlagt og uforutsett, mellom matestasjoner som følge av brudd i samkjøringen i trefasenettet.	0,04 per spormil	0,08 per spormil
3.2.4 Uforutsett brudd på samkjøringen eller elektrisk øydannelse på grunn av brudd i overføringsnett og andre seriekomponenter (kondensatorbatteri etc.) som ikke fysisk hindrer togframføringen på de(n) elektriske øyen(e)	0,3 per spormil	0,6 per spormil
3.3.1 Større vedlikehold av matestasjoner hvor begrensning i ytelsen er nødvendig	0,1 per roterende mateenhet	0,2 per roterende mateenhet
d) Tillatt tid for enkelthendelser uten krav til spenning i berørt(e) seksjon(er) hvor togtrafikk ikke er mulig		
2.2.1 Regionalt kraftsystemutfall med manglende energiforsyning til to eller flere nærliggende matestasjoner.	0,15 per stasjon	0,30 per stasjon
2.2.2 Brudd i samkjøringen, både planlagt og uforutsett, i overføringsnett som fysisk hindrer togframføringen.	0,5 per spormil	1,0 per spormil
2.2.3 Utsiktet utløsning av nødfrakobling	0,0006 per spormil	0,0012 per spormil

2.5 Belastningskrav (strøm-/effektkrav)

- a) Ved vurdering av energiforsyningens belastning skal det tas høyde for usikkerheter i vurderingene, avvikssituasjoner og fremtidig trafikkøkning.
1. *Normale driftsituasjoner, normale driftsituasjoner med endringer som ofte kan forventes, avvikssituasjoner og unormale driftsituasjoner* skal ikke føre til at den elektriske energiforsyningens anlegg og komponenter overbelastes. Margin/reserve mot tillatt belastning av komponenter og systemer bør være minst 5 %.
 2. I *normale driftsituasjoner* bør det ved vurderinger i forhold til vedlikeholdsregelverket og skal det ved vurderinger i forhold til prosjekteringsregelverket legges til grunn minst 10 % reserve/margin for å ta høyde for trafikken i *normale driftsituasjoner med endringer som ofte kan forventes* og i *avvikssituasjoner* dersom dette allerede ikke er inkludert i *normal trafikk*.
 3. Ved vurderinger i forhold til prosjekteringsregelverket skal det både i *normale driftsituasjoner, normale driftsituasjoner med endringer som ofte kan forventes, avvikssituasjoner* og *unormale driftsituasjoner* tillegges ytterligere minst 20 % reserver/margin for å ta høyde for trafikkøkning utover trafikkprognosene.
 4. Ved vurderinger i forhold til prosjekteringsregelverket av komponenter/anlegg med lang levetid samt dyr og vanskelig oppgradering/utbygging bør det vurderes ytterligere reserver/marginer.
 5. Vurdering av belastningen bør på grunn av variasjonen omfatte både kortvarige og langvarige belastninger.
 4. Vurderingene som legges til grunn skal dokumenteres.

2.6 Trafikkkrav

- a) For vurderinger i forhold til prosjekteringsregelverket med tanke på spenning og effekt-/strømbelastning for fremtiden skal det legges til grunn en infrastruktur og trafikkprognose for minst 10-15 år frem i tid. Trafikkutviklingen lenger frem i tid bør også vurderes.
1. Trafikkprognosen bør være så robust at den inkluderer endringene i avsnitt 2.3 punkt a)3.1 og b)3.1.
 2. Jernbaneverket Marked skal være høringsinstans for trafikkprognosen, og ved utarbeidelse av prosjektprogram skal prognosen godkjennes som en del av dette.
 3. Trafikkprognosen skal ta hensyn til fremtidig annen infrastruktur.
 4. Vurderingene som legges til grunn skal dokumenteres.

3 TILGJENGELIGHET FOR MATESTASJONER

Tilgjengeligheten defineres som :

$$T = ((NDT - UT) / NDT) * 100 \%$$

T = Tilgjengelighet [%]
NDT = Normal driftstid [timer, min eller s]
UT = Utilgjengelig tid [timer, min eller s]

Regneperioden skal være 1 år.

Utilgjengelig tid, UT, defineres fra det tidspunkt en feil oppstår til feilen er utbedret med et fratrekk på stipulert utrykningstid for driftspersonell til stasjonen. Stipulert utrykningstid er 1,5 t pr år ved alvorlige feil og 3 t pr år ved feil. Dersom utrykningstiden er lengre skal den inngå i beregningen av utilgjengelig tid, UT.

Med feil menes driftsforstyrrelser der matestasjonen ikke kontinuerlig kan mate ut minst 100 % av installert effekt for matestasjonen på alle utgående kabelavganger.

Med alvorlig feil menes driftsforstyrrelser der matestasjonen ikke kontinuerlig kan mate ut minst 50% av installert effekt for matestasjonen på alle utgående kabelavganger.

Tilgjengeligheten berøres ikke av godkjente vedlikeholds- og revisjonsplaner for anlegget.

3.1 Tilgjengelighet for en matestasjon

Hver enkelt matestasjon skal etter definisjonen over ha en tilgjengelighet på minimum 99,99% mot alvorlige feil, og minimum 99,50% mot feil.

Matestasjonen skal konstrueres slik at driftssikkerheten blir høy. Selv med én feil i anlegget (med eventuelle følgefetil) skal matestasjonen fortsatt kontinuerlig kunne mate minst 50 % av installert effekt for matestasjonen, ut fra alle kabelavganger (for utgående linjeutrustninger godtas det at en 15 kV-seksjon av hovedsamleskinnen er ute av drift ved en feil på 1-fase hovedsamleskinnen).

MTBF (Mean Time Between Failures/Gjennomsnittlig tid mellom feil) for matestasjonen når nedetiden er mer enn 5 min, skal være større enn 4000 t for alvorlige feil og 2000 t for feil. MTBF for alle alvorlige feil for matestasjonen skal være større enn 1000 t.

MTTR (Mean Time To Repair/Gjennomsnittlig reparasjonstid) for matestasjonen skal være mindre enn 4 t både for feil og alvorlige feil. Tiden skal beregnes fra reparatør er ankommet til stasjonen og til matestasjonen er i full drift igjen.

3.2 Levetid

Levetiden for anlegget skal være minst 40 år.

4 1-FASE BELASTNING

Matestasjonene skal kunne mate ut effekt til alle typer last som kan forekomme i 1-fase nettet. (Alle typer rullende materiell, togvarme, sporvekselvarme med mer.)

Kortvarig minimumsspennning i kontaktledningsanlegget ved belastning er 11 kV. Matestasjoner skal minimum dimensjoneres for spenningsvariasjoner i henhold til [EN 50163].

4.1 Dimensjonerende kortslutningsstrøm

En matestasjonen skal dimensjoneres ut fra en kortslutningstrøm på minimum 20 kA i 1 s ved spenning 16,5 kV på 1-fase siden. Maksimal kortslutningstrøm på aktuelt sted skal vurderes. Det skal tas hensyn til eventuell fremtidig økning i kortslutningsstrømmen.

4.2 Overharmonisk belastningsstrøm

Matestasjonene skal dimensjoneres for å tåle belastning med til dels store andeler overharmoniske komponenter.

$$THD = \sqrt{\frac{I_s^2 - I_1^2}{I_1^2}}, \quad K = \sqrt{\frac{I_s^2 - I_1^2}{I_1^2}}, \quad THD = \sqrt{\frac{K^2}{1 - K^2}}$$

THD = Total Harmonic Distortion

K = Klirrfaktor

I_s = Effektiv-verdien av sum strøm

I_1 = Effektiv-verdien av strømmens grunnharmoniske (Her: ved 16 ²/₃ Hz)

Matestasjoner skal dimensjoneres slik at den skal kunne mate ut 100 % av installert ytelse ved $THD \leq 0,31$, $\cos \varphi = 0,9$ og 16,5 kV ut på 1-fase 15 kV nettet og 65 % av installert ytelse ved $THD = 0,96$.

De enkelte overharmoniske størrelser kan antas å se ut som vist i tabell 5.4 (overharmoniske vist i pu, ref I_s)

Tabell 5.4 *Belastningens antatte fordeling av de enkelte overharmoniske ved forskjellige verdier av THD*

THD	K	I_s	I_1	I_3	I_5	I_7	I_9
0,31	0,3	1,00	0,95	0,27	0,11	0,07	0,04
0,58	0,5	1,00	0,87	0,46	0,19	0,12	0,07
0,96	0,7	1,00	0,71	0,62	0,25	0,16	0,09

5 SPENNINGSKVALITET

Spenningen i kontaktledningsanlegget er nominelt 15 kV -20/+15 % (12 kV – 17,25 kV). Spenningskvalitet på banestrømforsynings- og kontaktledningsanlegg skal være i henhold til [EN 50163]. Matestasjonsspenningen skal kunne stilles mellom 15 kV og maksimalt 17,25 kV ved normal drift.

Matestasjonsspenningen skal kunne reguleres slik at den varierer som en lineær funksjon av reaktiv og aktiv sum strøm for hele stasjonen. Innstillingsområdet skal være så stort at matestasjonens innstilte spenning ved merkelast skal minst kunne varieres mellom - 15 % og + 20 % fra innstilt "tomgangsspenning". Reguleringen av omformerstasjonene skal kunne skje trinnløst.

En matestasjon skal i normal drift holde effektivverdien av spenningen på utgående 1-fase linjefelt med +/- 1 % avvik i forhold til innstilt verdi. Kravet gjelder ikke ved strømbegrensing.

Stasjonsspenningens toppverdi skal ikke under noen omstendighet overstige 31 kV, oppmålt med integrasjonstid på 100 μ s.

Ved mating av en ubelastet linje (uten noe form for dempefilter i enden) skal overharmoniske toner i 1-fasespenningen ikke overstige 3 % av grunntonen for en enkelt overtone, eller 4 % for den samlede effektivverdi av overharmoniske spenninger. Linjen skal kunne være opp til 100 km lang.

For hver mateenhet skal spenningen ut kunne reguleres trinnløst fra 0 til 17,25 kV for impedanseprøver / termofotografering (utmating av konstant strøm) i kontaktledningsnettet. Det må finnes en venter for hver utgående linjeavgang som muliggjør en slik ekstraordinær matesituasjon.

Frekvensen på spenningen ut av en matestasjon skal nominelt være $16 \frac{2}{3}$ Hz med variasjonsområdet +/- 0,2 %.

6 STABILITET 1-FASE SIDEN

Matestasjonen skal ikke selv forårsake effektpendlinger i 1-fase nettet.

Matestasjonen skal kunne operere som normalt selv om kontaktledningsanlegget inneholder spenningshevende tiltak i serie/parallel med kontaktledningsanlegget.

Stående pendlinger i 1-fase nettet på opptil 2 kV skal ikke få konsekvenser for driften av matestasjonen.

Effektpendlinger får ikke utløse noen mateenheter. Effektpendlinger i 1-fase nettet med bakgrunn i transiente driftssituasjoner, skal ikke føre til at mateenheter løser ut. Ved eventuelle transiente spenningssvingninger over 17,25 kV skal omformerstasjoner stabilisere seg etter 0,5 s.

7 SAMKJØRING

En matestasjon skal kunne starte opp mot spenningsløs kontaktledning. Matestasjonen skal kunne mate ut energi på 1-fase nettet uten å arbeide parallelt med andre matestasjoner.

7.1 Effektflyt

Mateenhetene i matestasjonene skal kunne synkroniseres inn mot Jernbaneverkets nett og mate ut energi på 1-fase nettet parallelt med andre mateenheter tilkoblet 1-fase nettet i andre tilgrensende matestasjoner.

Matestasjonen skal prosjekteres for full samkjøring på 1-fase-siden uten at det oppstår unødvendig reaktiv effektflyt.

Tilgrensende matestasjoner/koblingsanlegg skal ikke få nevneverdig dårligere egenskaper på grunn av innføring av den nye matestasjonen. Innen start av prøvedriften skal det utføres beregninger som skal resultere i optimal innstilling av levert matestasjon samt andre tilgrensende matestasjoner med tanke på best mulig samkjøring mellom matestasjonene. Nødvendig innjustering av tilgrensende matestasjoner skal utføres i løpet av prøvedriftperioden.

Effektflyt mellom tilstøtende matestasjonsanlegg skal dokumenteres ved målinger og godkjennes av Jernbaneverket Hovedkontoret.

7.2 Startprosedyrer

Mateenhetene i samme matestasjon skal kunne starte og stoppe automatisk etter lastbehov på 1-fase nettet og med henblikk på å oppnå best mulig virkningsgrad.

Mateenhetens starttid fra startimpuls gis til innkobling av 15 kV effektbryter for mateenhetene etter avsluttet innfasing skal maksimalt være 7 s for statiske omformerstasjoner og transformatorstasjoner. Roterende omformerstasjoner skal ha maksimal starttid på 4 minutter for mateenhetene.

7.3 Faseomforming, synkronisme

Spennings frekvens fra en matestasjon skal i stasjonær drift og i samkjøring med nærliggende matestasjoner være helt synkron med frekvensen fra de nærliggende matestasjonene dersom også disse er i stasjonær drift.

Frekvensomforming 50 Hz til $16 \frac{2}{3}$ Hz skal være synkron og $16 \frac{2}{3}$ Hz spennings belastningsvinkel (Ψ_0 (I/I_n)) (defineres som faseforskjell mellom 3-fase nettets R fase og 1-fase spenningen, referert til grader på 1-fase siden) skal kunne stilles fritt og skal kunne varieres som en funksjon av laststrømmen (I_G) og lastvinkelen ($\cos \varphi_G$). 1-fase-nettets belastningsvinkel (Ψ_0 (I/I_n)) skal kunne stilles etter belastningsvinkelen til dagens roterende omformeraggregat i Jernbaneverket, som har en merkeytelse på 3.1, 5.8, 7.0 og 10 MVA. Formålet er å oppnå en best mulig lastfordeling mellom matestasjonene på den aktuelle banestrekningen. Det er ønskelig med minst mulig reaktiv effektflyt i 1-fase nettet. For at det skal være mulig å stille belastningsvinkelen

etter forskjellige roterende omformeraggregater, skal belastningsvinkelen kunne innstilles etter følgende formel:

$$\Psi_0 = \Psi_{0,ref} + \frac{1}{3} \arctan(x_{qM} * I_G * \cos \varphi_G) + \arctan \frac{x_{qG} * I_G * \cos \varphi_G}{1 + x_{qG} * \sin \varphi_G} \quad (5.1)$$

der:

$$x_{qM} = X_{qM} * I_N / U_N$$

$$x_{qG} = X_{qG} * I_N / U_N$$

- x_{qM} er motorens synkrone tverreaktans for en omformerenhet
- x_{qG} er generatorens synkrone tverreaktans for en omformerenhet
- $\Psi_{0,ref}$ er "tomgangsinnstilling" for belastningsvinkelen.
- x_{qM} og x_{qG} skal være justerbar i reguleringsutrustningen, slik at karakteristikken kan tilpasses andre typer omformerenheter. Reguleringen må kunne stilles så langt ned at belastningsvinkelen blir konstant for ulik utmatet strøm. Reguleringsutrustningen skal være forberedt for fremtidig regulering av amplitude og belastningsvinkel ved hjelp av ytre styresignaler.

Belastningsvinkelen skal ved idriftsettelse innstilles lik et roterende 10 MVA omformeraggregat. Et diagram med belastningsvinkelkarakteristikken for et 10 MVA omformeraggregat er i vedlegget for kapitlet. For et 10 MVA omformeraggregat er $x_{qM} = 49\%$ og $x_{qG} = 53\%$.

Referansen for belastningsvinkelen i "tomgang" må kunne reguleres fra 0° til $+35^\circ$ i forhold til "tomgangsinnstilling" $\Psi_{0,ref}$ for roterende 10 MVA omformeraggregat ($\Psi_{0,ref}$ ligger i området $39,5^\circ - 40,5^\circ$)

7.4 Funksjonskrav ved overlast og kortslutning

Mateenhetene får ikke løse ut på grunn av raske endringer i impedansen i 1-fase nettet. Dette innebærer blant annet at mateenhetene skal dimensjoneres for å kunne mate ut mot en kortslutning uten å ta skade når kortslutningen oppstår eller opphører og 1-fase nettets spenning momentant bygger seg opp.

Mateenhetene skal konstrueres slik at overlast på 1-fase nettet verken skal løse ut stasjonen eller noen av mateenhetene. Mateenhetene skal være utrustet med strømbegrensende utstyr som trer i funksjon ved en spesifisert last ved eller høyere enn merkelast. Dersom spenningen synker under en innstillbar spenning (mulig innstillingsområdet 8-14 kV) etter at strømbegrensningen er inntrådt, skal matestasjonen kobles ut.

8 TILBAKEMATING

Matestasjoner skal dimensjoneres for påregnelig bremseenergi uten at det påvirker driften. Vurdering av kost/nytte av dette skal gjennomføres. Primært skal bremseenergien beholdes i 1-fase nettet. Omformerstasjonen skal mate effekten tilbake på 3-fase nettet når kontaktledningsanlegget ikke absorberer bremseenergien.

Krav til spenning gitt i avsnitt 5 skal overholdes ved tilbakemating.

9 UTEFFEKT SOM FUNKSJON AV KLIMATISKE FORHOLD

En matestasjon skal ha funksjonsområde for utetemperaturer fra -50° C til $+50^{\circ}$ C, og skal kontinuerlig kunne mate ut :

- minimum 100% av nominell ytelse for utetemperaturer fra -50° C til $+30^{\circ}$ C.
- minimum 70 % av nominell ytelse for utetemperaturer fra $+30^{\circ}$ C til $+40^{\circ}$ C.
- minimum 50 % av nominell ytelse for utetemperaturer fra $+40^{\circ}$ C til $+50^{\circ}$ C.

10 GENERELLE KRAV TIL BYGG

Vitale anleggsdeler i forbindelse med energiforsyningen skal sikres etter NVE's "Retningslinjer for sikring av kraftforsyningsanlegg". Melding om nybygging, ombygginger og endringer skal spesifiseres med tegninger og spesifikasjoner og meldes/varsles til NVE for godkjenning. Krav til klassifisering vil avgjøres av NVE i hvert enkelt tilfelle.

10.1 Krav til branninndeling

Bygningen skal minst deles i separate brannceller for hver omformerenhet, hvert høyspenningsrom, hvert transformatorrom, kontrollrom, øvrige rom som har betydning for stasjonens tilgjengelighet og rom som ikke har betydning for tilgjengeligheten. Brannceller skal dimensjoneres for brannklasse REI-M 120 (A120). Dublerte anleggsdeler som er bygd for å øke redundansen i anlegget skal utføres slik at brann i en del ikke skal antenne redundant del.

Røyk fra en branncelle skal ikke spres til en annen branncelle. Dette kravet gjelder ikke brannceller innen samme mateenhet.

10.2 Brannvarsling og brannslukking

Bygningen skal være utstyrt med automatisk slukkeanlegg for hovedtransformatorrom med separat utløsning for hvert rom.

Det skal installeres automatisk brannvarslingsanlegg som dekker alle rom. Anlegget skal være FG-godkjent. Én feil i brannvarslingsanlegget skal ikke redusere matestasjonens tilgjengelighet. Deteksjon av brann i en mateenhet skal gi totalstopp av denne mateenheten, og ikke påvirke de øvrige mateenheters tilgjengelighet. Deteksjon av brann i øvrige anlegg som er nødvendig for utmating av effekt skal gi totalstopp for hele stasjonen. Driftssentralen skal varsel ved brann.

11 UTGÅENDE LINJEUTRUSTNING, 15 KV 1 FASE

11.1 Funksjon

Utgående linjeutrustning er et 1-fase høyspenningsanlegget og skal dimensjoneres for $16^{2/3}$ Hz med nominell driftsspenning mellom fase og jord lik 15 kV og høyeste kontinuerlige spenning 17,25 kV og en maksimalspenning på 18 kV i maksimalt 5 min. [EN 50163].

Utgående linjeutrustning skal bestå av hovedsamleskinne med mulighet for oppdeling i minst 2 seksjoner, reservesamleskinne, utgående linjefelt og reservefelt.

Reservefeltet skal kunne benyttes mot hvilken som helst linjeavgang ved feil/revisjon på et utgående linjefelt.

Alle linjefelt både fra hver enkelt omformerenhet og fra hver utgående linje skal holdes adskilt, med full redundans seg i mellom.

Brann i et linjefelt skal ikke skade utstyr i et annet linjefelt.

11.2 Kapasitet

Merkeedata som skal følges for 15 kV koblingsanlegg:

Merkespenning	15 kV (+15 % /-20 %)
Merkefrekvens	$16^{2/3}$ Hz
Isolasjonsnivå	50/125 kV
Merkestrøm hovedsamleskinne	2000 A
Merkestrøm utgående linje	1200 A
Kortslutningsholdfasthet	20 kA, 1 s

Utgående linjefelt skal dimensjoneres for enhver aktuell påregnelig belastning og tåle minimum 10 koblinger i timen for hvert linjefelt. Utgående linjefelt skal tåle minimum tre påfølgende gjeninnkoblinger for hver linje.

Isolasjonsnivå for linjefeltene skal dimensjoneres i.h.t. krav gitt i kap. 7, avsnitt 2.2 i [JD 510] med unntak av at det tillates dimensjoner for merkeholdespenning ved driftsfrekvens (effektiv verdi) på 50 kV og merkelynimpuls holdespenning (maksimal verdi) på 125 kV. Effektbryter skal følge [EN 50152-1] og [IEC 60056] med minimum merkeholdespenning ved driftsfrekvens på 50 kV og merkelynimpuls holdespenning på 125 kV.

11.3 Dimensjonering

Det skal som hovedregel anordnes en linjeavgang for hvert hovedspor i hver retning fra matestasjonen. Større stasjonsområder skal utrustes med egen utgående linjeavgang. For hver utgående linje skal det være en egen returforbindelse.

Antall reservefelt skal dimensjoneres ut fra overordnede krav til tilgjengelighet. Det skal dog minst være et reservefelt for hver 8. utgående linjeavgang. Dersom det er mer enn et reservefelt skal de kobles mot ulike hovedsamleskinneseksjoner.

Utvidelsesmulighet av antall linjefelt skal vurderes i hvert enkelt tilfelle med hensyn på lokale forhold og utbyggingsplaner.

Fordeling av linjeavgangene på hovedsamleskinneseksjonene må koordineres mot koblingsbildet i kontaktledningsanlegget slik at alle strekninger kan spenningssettes ved kobling av kontaktledningsbrytere ved en feil på hovedsamleskinnen.

Ved en feil på hovedsamleskinnen skal det fortsatt kunne mates ut effekt over minst 50 % av utgående linjeav ganger.

11.4 Sikkerhet

11.4.1 Forrigling ved manøver av X-skillebryter

Det skal etableres full forrigling mot reserve effektbryter slik at det hverken er mulig å legge X-skillebryter inn mot eller ut ved last eller feil.

Det skal etableres forrigling slik at det ikke er mulig å mate forbi et 15 kV koblingsanlegg ved å legge inn to X-skillebrytere samtidig.

11.5 Grensesnitt

Grensesnittet mellom matestasjon og kontaktledningsanlegg for matekabel/-ledning er tilkoblingsklemme på skillekniv i kontaktledningsmast.

Grensesnittet mellom matestasjon og kontaktledningsanlegget for returkabel er tilkobling til returledning/filterimpedans/jernbaneskinne.

12 VERN FOR UTGÅENDE LINJEUTRUSTNING OG KONTAKTLEDNINGSANLEGG

12.1 Generelt

En matestasjon skal ha vern som forhindrer at personer og komponenter tar skade og hindrer eller begrenser følgefeil. Vernutrustningen skal være oppbygd selektivt slik at bare den feilbefengte delen av anlegget blir satt ut av drift.

12.2 Vernspesifikke definisjoner

En **enhet** i kraftsystemet begrenses av effektbrytere, og omfatter hele anlegget (hovedkomponent med tilhørende skinneføringer, tilknytningskabler, apparatanlegg, lokalkontrollanlegg og vern) mellom den minste oppdelingen mellom to eller flere effektbrytere. Figur 5-1 viser et eksempel på en slik enhet.

Vernsystem defineres i henhold til Cigré, teknisk brosjyre nr. 192 "Protection using telecommunication", vist i figur 5-1. Den mekaniske effektbrytermekanismen defineres ikke som en del av vernsystemet. I henhold til definisjoner i Cigre avsluttes vernfunksjonaliteten med inn/ut spolene på effektbryteren.

Med **vernfunksjon** menes en spesifikk verntype basert på de ulike funksjonsgruppene eks. overstrømsvern, distansevern og underspenningsvern. Flere vernfunksjoner kan ivaretas i et multifunksjonsvern eksempelvis distansevern med innebygd kortslutningsvern (momentant overstrømsvern).

Med **feil/feiltyper** menes kortslutninger og vindingsfeil. I et enfasesystem er enhver enpolt jordslutning å betrakte som en kortslutning.

Med **vindingsfeil** menes feil på vindinger i en transformator eller reaktor som medfører at strømmen ikke nødvendigvis følger normal strømbane.

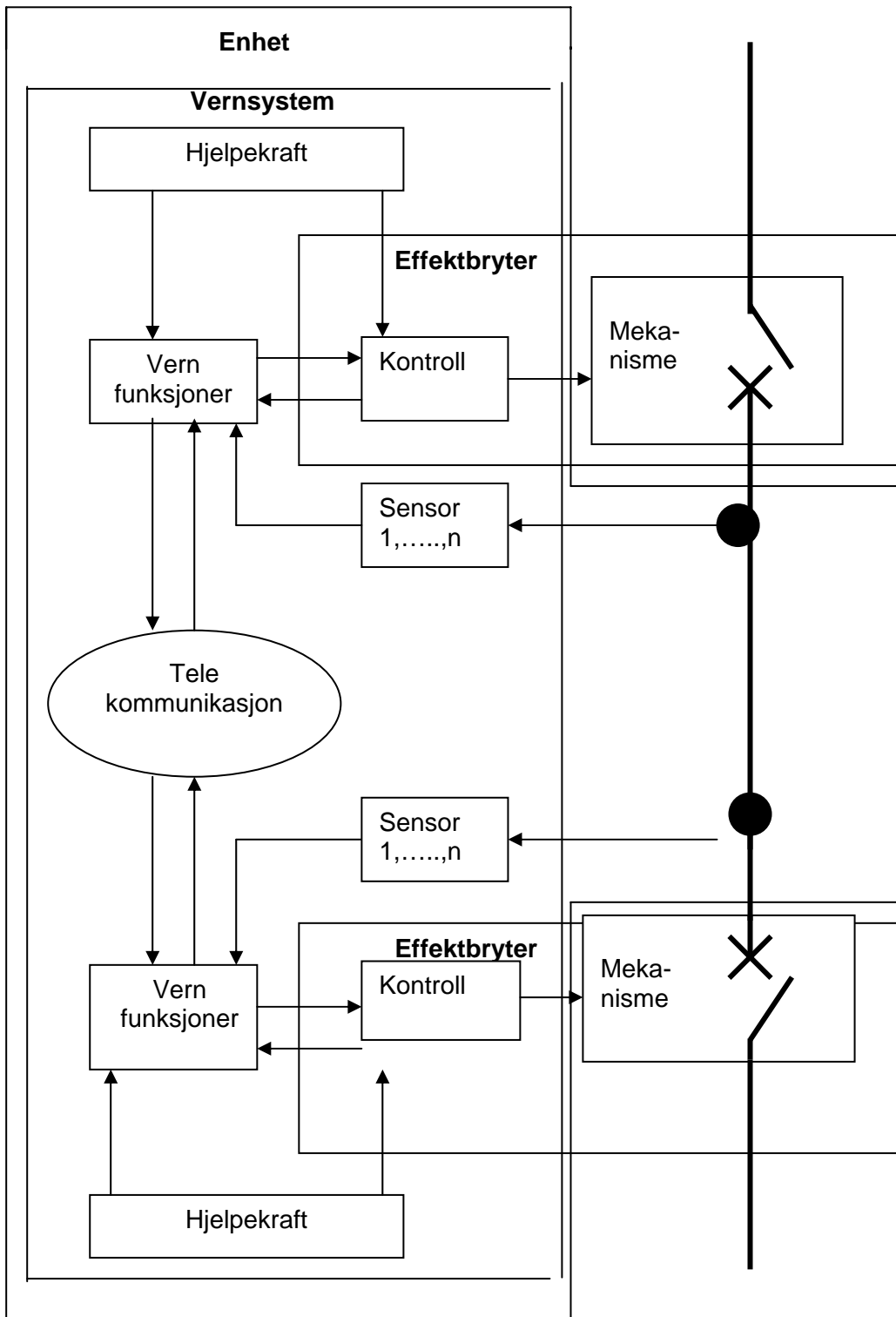
Med **normal frakobling av feil** menes at enhetens vernsystem og effektbrytere frakobler feilen i henhold til spesifiserte krav.

Med **sektiv frakobling av feil** menes at feilbeheftet enhet frakobles ved at det minste antall og nærmeste effektbrytere kobles ut.

Frakoblingstid er sum av funksjonstid for vernsystemet og utkoblingstid for effektbrytere.

Funksjonstid er definert som sum av egentid for vernet og innstilt forsinkelse.

Energiforsyning



Figur 5-1 Definisjon av vernsystem

12.3 Krav til reléplan

Før idrifttakelse av nye vern skal det for alle involverte enheter utarbeides reléplaner. Ved endring av en eksisterende enhets struktur eller oppbygning, som for eksempel ved bygging av nye matestasjoner eller endringer av overføringsevne, skal det for alle involverte enheter vurderes om endring av verninnstillingen er nødvendig. Nødvendige vernendringer skal gjennomføres før nytt anlegg settes i drift.

Reléplaner for enheten skal verifisere at teknisk regelverk oppfylles. Vedlegg 5.a gir retningslinjer for detaljeringsgrad som reléplanen skal utarbeides etter.

Reléplanen skal bl.a. dokumentere at vernene beholder sin funksjon ved regenerativ bremsing fra tog inn i enheten.

Dersom vernet har flere parametersett, skal det angis betingelser for bruk av de ulike sett.

Ved utarbeidelse av reléplaner skal det benyttes oppdaterte impedansmålinger på enheten (kontaktledningsanlegget) for hver utgående linje i enhetens fulle lengde. Målingene med tilhørende utregninger skal dokumenteres.

Reléplaner skal fremlegges for Jernbaneverket Infrastruktur Teknikk, Premiss og utvikling for godkjenning ved permanente endringer og for nye anlegg.

12.4 Krav til tilgjengelighet

Utilgjengelig tid for vernet skal være ikke større enn 0,005%. Kravet gjelder for testverdier lik innstilt verdi +/- 5 %. Kravet skal gjelde for alle følgende tilfeller:

- Vernet skal løse en gang i døgnet.
- Vernet skal løse en gang i uken.
- Vernet skal løse en gang i året.

Vernets tilgjengelighet skal dokumenteres.

Vernets feilfrekvens for feilutløsning skal dokumenteres.

For vern som ikke tidligere er godkjent av Jernbaneverket Infrastruktur Teknikk, Premiss og utvikling skal typegodkjenningsprotokoll leveres for granskning og godkjenning. Ved godkjenning kan Jernbaneverket kreve å utføre egne tester.

Alle vern skal ha testuttak.

Det skal benyttes selvovervåkende vern som overvåker interne funksjoner i vernet. Deteksjonsevnen α for feil i vernet skal ikke være lavere enn 70%. Selvovervåkingen skal kommunisere med Elkraftsentral. Det stilles ikke krav til direkte utkobling av effektbryter ved signal fra feilovervåkingen. Elkraftsentralen skal uten unødig forsinkelse legge over til reservebryter ved feilmelding fra vernovervåkingen.

Ved avbrudd i en spenningsmålekrets skal utgangssignalet fra de spenningsavhengige vern som er tilknyttet spenningskretsen blokkere. Feilsignal skal overføres til Elkraftsentral.

Ved bortfall av hjelpekraft til effektbryterens utløsekretser skal effektbryteren løse ut.

Frakobling av effektbryter ved utløsesignal skal skje direkte og uten mellomrelé.

12.5 Verninndeling

Vernutrustningen i 15 kV koblingsanlegg inndeles i følgende:

- Vern på innkommende forsyning
- Vern på utgående linjeavgang
- Samleskinnevern
- 100 Hz vern

Vern for innkommende forsyning behandles ikke her. Det skal i den grad det er mulig være god selektivitet mellom innkommende forsyning og samleskinnevern og vern på utgående linjeavgang.

Som vern på utgående linjeavgang benyttes:

- Distansevern
- Overstrømsvern
- Overbelastningsvern
- Underspenningsvern
- Overspenningsvern

De ulike vernfunksjonene over skal inndeles i to vernsystemer som betegnes SUB 1 og SUB 2. Denne oppdelingen skal være gjennomført både mekanisk og elektrisk. Det kreves imidlertid ikke egen spenningskilde som hjelpekraftforsyning til hver vernsystem (SUB). Det skal være egne rekkeklemmer, ledninger osv. for hvert vernsystem (SUB) slik at en internfeil i et vernsystem ikke påvirker funksjonen i det andre vernsystemet.

Vernsystemenes målekretser skal mates fra:

- Egne strømtransformator-kjerner
- Spenningskretser med separate sikringskurser

Vernsystemenes vernfunksjoner og utløsekretser skal være oppdelt med separate sikringskurser for hjelpekraftforsyning.

Manøver- og signalkretser skal ha separate sikringskurser.

SUB 1 skal omfatte hovedvern og SUB 2 samleskinnevern og reservevern.

Fordeling av vern i SUB'ene:

SUB 1:

- Distansevern
- Strømsprangvern
- Overbelastningsvern

SUB 2:

- Samleskinnevern
- Overstrømsvern
- Underspenningsvern på utgående linjer
- Bryterfeilvern

12.6 Vernfunksjonalitet for utgående linjeavganger

For utgående linjefelt og reservefelt skal det monteres retningsfølsomt distansevern og stillbart overstrømsvern. Distansevernet skal regnes som hovedvern og overstrømsvernet som reservevern. I tillegg kan man montere overbelastningsvern, strømsprangvern som hovedvern og underspenningsvern på utgående linjer som reservevern.

Ved ensidig mating mot driftsbanegårder og større stasjoner/sporarrangementer kan distansevernet erstattes av et ekstra overstrømsvern eller et strømsprangvern.

Følgende vern som er behandlet i dette kapittelet skal løse respektive linjebrytere/effektbrytere:

- Distansevern
- Overstrømsvern
- Overbelastningsvern
- Strømsprangvern
- Underspenningsvern

12.6.1 Hovedvern

12.6.1.1 Distansevern

Hovedvern mot feil skal være et retningsbestemt distansevern. Vernet skal minimum ha to impedanssoner.

Selektivitetsmargin for sonene skal være minimum 15 %.

Sikkerhetsmargin for at sone 2 dekker hele strekningen det skal verne skal være minimum 20 %.

Merknad:

Sone 1 bør stilles på 85 % av strekningen mellom to omformerstasjoner. Man bør imidlertid ikke stille sone 1 ut over ca. 65 km siden man da kan komme i konflikt med laststrømmen. For Jernbaneverkets strekninger gir det derfor en anbefalt innstilling for distansevernenes sone 1 mellom 60 og 85 % av avstanden til neste stasjon.

Sone 2 skal stilles inn for å gi sikker dekning av hele strekningen frem til neste stasjon. Normalt er en innstilling på 120 % av strekningen tilstrekkelig for at vernet sikkert skal dekke hele strekningen inkludert usikkerheter. For at distansevernet skal kunne detektere feil selv med en viss tilbakemating fra tog på strekningen er det ønskelig å stille distansevernets sone 2 enda høyere. Imidlertid skal man normalt ikke stille sone 2 så langt at den når ut over neste streknings momentanområde dersom sideinmatingen fra stasjonen mellom bortfaller.

*Sone 2 på strekningen A-B skal derfor stilles inn etter følgende impedanser (overgangsmotstand tas ikke med ved rho- og sirkulær- impedanskarakteristikk, for rektangulær karakteristikk er det normalt tilstrekkelig med ett tillegg i resistiv retning på 1,2 * Rlysbue):*

- *Krav 1: Sone 2 skal være større enn 1,2 (Zab+ Rlysbue)*
- *Krav 2: Sone 2 skal være mindre enn 0,87 Zab + 0,74 b1 (b1 er her rekkevidden for momentansonen på neste strekning). Krav 2 sikrer at det er 15 % margin (begge veier) mot at sone 2 overskrider sone 1 på neste strekning.*

Krav 2 er utledet fra følgende regnestykke:

$$Z_{AB} + b1 - 0,15 * b1 \geq a2 + 0,15 * a2$$

Krav 1 er viktigst dersom kravene ikke kan forenes. Krav to kan unngås dersom man tar hensyn til sideinnmating eller benytter tidsselektivitet (se kapittel 12.6.2.1).

Impedanssonenes vinkelbegrensninger skal kunne varieres mellom vinkler i 4. og 2. kvadrant slik at innstilt område dekker alle variasjoner av feilimpedans som kan oppstå.

Det skal ikke benyttes tidsforsinkelse på sone 1. Lengste frakoblingstid for sone 1 er 0,1 s.

Hjelpekanalsamarbeid (kommunikasjon mellom vern i nabostasjoner) mellom distansevernene sone 1 skal vurderes dersom man ikke kan oppfylle kravene til selektivitet og hurtig utkobling med overstrømsvern som beskrevet i kapittel 12.6.1.2.

Tidsregistreringen for sone 2 skal normalt startes med et strømsprang på minst 200 A i løpet av 0,2 s. Sonens tidsregistrering skal, dersom matestasjonen er i strømgrense, startes med et spenningsprang på minst 2 kV i løpet av 0,2 s. For sone 2 skal det være mulig å foreta enkel omkobling mellom minst 2 forskjellige innstillinger via fjernkontrollanlegg. Det andre settet benyttes normalt til å dekke hele strekningen mellom tre stasjoner ved forbikobling av den midterste. Ved seriekompensering skal det benyttes egne parametersett for de ulike koblingsbildene som kan oppstå ved inn og utkobling av kondensatorbatteriene. Også disse parametersettene skal enkelt kunne settes via fjernkontrollanlegg.

Lengste frakoblingstid for sone 2 er 0,3 s.

Ved bortfall av målespenning eller når målespenningen blir så lav at impedansmålingen og retningsbestemmelsen blir diffus skal impedansmålingen erstattes med en ikke retningsbestemt overstrømsfunksjon, som normalt er uvirksom. Overstrømsfunksjonen skal verne hele enheten (strekningen).

12.6.1.2 Overstrømsvern

På linjeavganger som kun mater begrensede områder som driftsbanegårder og stasjoner kan distansevernet ref. 12.6 erstattes med et overstrømsvern. Det stilles ikke spesielle krav til overstrømsvernene funksjonalitet når det gjelder antall trinn og tidskarakteristikk. Imidlertid gjelder at frakoblingstid for overstrømsvernene høyest innstilte trinn ikke skal være lengre enn 0,1 s.

Overstrømsvernene skal stilles inn etter i henhold til formlene under:

Følgende parametre skal benyttes i beregningene:

I_{bel} : Maksimal belastningsstrøm. Skal vurderes ut fra trafikkforhold på strekningen

I_{kmin} : Minimal kortslutningsstrøm på enden av strekningen (inkludert overgangsmotstand)

η : Vernets tilbakegangsforhold

Overstrømsvernets startstrøm/lavstrømstrinn innstilles etter følgende:

1) Overstrømsvernets laveste trinn bør stilles inn med 20% margin til dimensjonerende belastningsstrøm etter følgende:

$$I_s \geq 1,2 \cdot \frac{I_{bel}}{\eta}$$

2) Overstrømsvernets laveste trinn skal stilles inn til å dekke hele strekningen med 25% margin etter følgende:

$$I_s \leq 0,75 \cdot I_{k \min}$$

Man skal vurdere utkoblingstiden i sammenheng med smeltestrømgrensen¹

12.6.1.3 Overbelastningsvern

Dersom belastningsstrømmen på enheten overstiger 80 % av belastbarheten (strøm/tid kurve) skal det, for å hindre overbelastning av kontaktledningsanlegget, benyttes termisk overbelastningsvern.

12.6.1.4 Strømsprangvern

I avvikssituasjoner som for eksempel ved forbikobling av en stasjon skal det være mulig å enkelt koble bort distansevernfunksjonen på utgående linjer og kun benytte en strømsprangfunksjon samt overstrømsvern. Strømsprangfunksjonen kan være i form av et eget relé eller en innebygd del av distansevernet.

12.6.2 Reservevern

12.6.2.1 Overstrømsvern

Det skal alltid være montert separate overstrømsvern på utgående linjer. Overstrømsvernet skal sikre at smeltestrømgrensen¹ ikke overskrides i noen del av enheten, se også 12.6.1.

Lavest innstilte overstrømsvern skal dekke så mye av enheten som mulig uten å komme i konflikt med laststrømmen og uten å gi uselektivitet. Følgende marginer bør benyttes:

- Selektivitetsmargin bør være minimum 20%
- Sikkerhetsmargin bør være minimum 25%

Det skal også tas hensyn til selektivitet ved kortslutning bak vernet.

Merknad

For alle etterfølgende formler og ovenstående marginer gjelder at de er retningsgivende. Dersom spesielle forhold tilsier at vernet bør stilles med en annen verdi enn beregnet verdi kan lavere marginer mot selektivitet og sikker linjedekning vurderes i beregningen.

Overstrømsvernet bør minimum ha to separate innstillingstrinn bestående av momentant høystrømstrinn og lavstrømstrinn med mulighet for tidsforsinkelse og/eller inverstidkarakteristikk.

Følgende parametre skal benyttes i beregningene:

- I_{bel} : Maksimal belastningsstrøm. Skal vurderes ut fra trafikkforhold på strekningen
 I_{kmin} : Minimal kortslutningsstrøm på enden av strekningen (inkludert overgangsmotstand)
 η : Vernets tilbakegangsforhold
 I_{kmaks} : Maksimal kortslutningsstrøm på enden av strekningen (uten overgangsmotstand)
 k_t : Strømreleenes transiente overregningsfaktor ($k_t > 1$)

Overstrømsvernets starttrinn innstilles etter følgende:

- 1) Starttrinnet bør stilles inn med 20% margin til dimensjonerende belastningsstrøm etter følgende:

¹ Smeltestrømgrensen defineres her som strøm x tid produktet som får kontakttråden til å smelte når strømvatager er et kullfiberstykke. Normalt regner man at strøm x tid produktet ikke får overstige 1200 As for Cu AC-100 kontakttråd, $t < 0,5$ s. For Cu AC-120 kan man regne med 20 % økning av tillatt verdi. For Cu AC-80 en reduksjon på 20 %. Ved slitt Cu AC-80 bør man sette grensen så lavt som 630 As.

$$I_s \geq 1,2 \cdot \frac{I_{bel}}{\eta}$$

2) Starttrinnet bør stilles inn til å dekke hele strekningen med 25% margin etter følgende:

$$I_s \leq 0,75 \cdot I_{k \min}$$

Dersom starttrinnet har dekning inn i etterfølgende verns dekningsområde skal det tidsforsinkes tilstrekkelig for å oppnå tidsselektivitet mot øvrige vern. Man skal også vurdere utkoblingstiden i sammenheng med smeltestrømgrensen¹. Tidsselektivitet anses oppnådd dersom forskjellen i funksjonstid (egentid i vernet + innstilt forsinkelse) Δt oppfyller:

$$\Delta t \geq t_b + t_t + t_{\text{marg}}$$

der:

t_b = Brytertiden

t_t = Reléets tilbakegangstid

t_{marg} = Sikkerhetsmargin (100 ms)

Som en hovedregel kan man redusere funksjonstiden og benytte

$\Delta t = 200$ ms for elektroniske reléer

$\Delta t = 300$ ms for mekaniske reléer

Merknad

Dersom punkt 1 og 2 ikke kan kombineres skal punkt 1 prioriteres jf. andre avsnitt. Man må da sikre seg på andre måter at sikker og hurtig nok frakobling ivaretas. På strekninger med høy kortslutningsytelse kan det for eksempel være nødvendig å innføre kommunikasjon mellom distansevernene jf. 12.6.1.

3) Overstrømsvernets momentantrinn bør minimum innstilles med 20% selektivetsmargin mot neste enhet etter:

$$I_{mom} \geq 1,2 \cdot k_t \cdot I_{k \text{ maks}}$$

Momentantrinnet bør stilles likt eller høyere enn høyeste verdi av 1) og 3) forutsatt at smeltestrømgrensen¹ ikke overskrides.

Dersom distansevernet dekker hele enheten tilstrekkelig hurtig i forhold til smeltestrømgrensen¹ kan det separate overstrømsvernet i spesielle tilfeller bestå av kun et momentant overstrømstrinn. Vernets momentanverdi innstilles etter:

1) Momentantrinnet bør stilles inn med 20% margin til dimensjonerende belastningsstrøm etter følgende:

$$I_{mom} \geq 1,2 \cdot \frac{I_{bel}}{\eta}$$

2) Momentantrinnet bør innstilles med 20% selektivetsmargin etter:

$$I_{mom} \geq 1,2 \cdot k_t \cdot I_{k \text{ maks}}$$

Den høyeste beregnede verdien av 1) og 2) bør benyttes.

For alle anvendelser gjelder at frakoblingstid for overstrømsvernenes høyest innstilte momentanutløsning (distansevernets eventuelle innebygde overstrømsvern regnes også med her) ikke skal være lengre enn 0,1 s. Shuntbatterier skal ved feil kobles bort innen 0.1 s uansett plassering.

I stasjoner der kortslutningsstrømmen er begrenset og spenningen i stasjonen er proporsjonal med avstanden til feilen skal overstrømsfunksjonen kompletteres med underspenningsstart. Dette gjelder små statiske omformerstasjoner og i enkelte tilfeller koblingshus. Innstillingen skal tilpasses de lokale forhold. Ved lav spenning skal et lavt innstilt inverstidsforsinket overstrømsvern innkobles for utløsning.

12.6.2.2 Underspenningsvern

Det kan vurderes å benytte underspenningsvern på utgående linjeavganger.

Merknad

Eksempel på innstilling av underspenningsvern på utgående linje:

$U <$	Spenning	10 kV
	Innstilt forsinkelse	2,0 s

12.7 Samleskinnevern

Det skal monteres stillbart underspenningsvern for vern av samleskinne. Underspenningsvern skal være tidselektive i forhold til vern på utgående linje.

Merknad

Eksempel på innstilling av underspenningsvern på samleskinne:

$U <$	Spenning	9 kV
	Innstilt forsinkelse	0,5 s

Samleskinnevernet skal verne samleskinnen og tilkoblede komponenter mot kortslutning og skal i tillegg være et reservevern ved svikt i vern på utgående linjeavganger. Det er imidlertid ikke et dimensjoneringskrav at samleskinnevernet skal koble bort alle feil på tilkoblede enheter (strekninger) ved svikt i vern på utgående linje. Behov for ytterligere samleskinnevern eksempelvis lysbuevern skal vurderes.

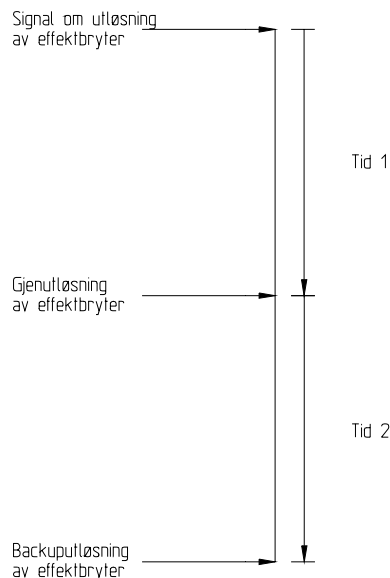
Samleskinnevernet skal løse effektbryteren i samtlige linjefelt tilkoblet samleskinnen. Gjeninnkobling skal ikke foretas og bryterne skal gå i blokkering.

12.8 Bryterfeilvern

Det skal installeres bryterfeilvern for alle effektbrytere i koblingsanlegget.

Bryterfeilvernets tidsregistrering skal startes av de andre vernenes eller nødfrakoblingens utløsningsimpuls til brytere. Ved feil på normalutløsning av bryter skal bryterfeilvernet resultere i utløsning av bryteren etter en viss tid.

Energiforsyning



Figur 5.1 Bryterfeilvernet tidsforløp

Bryterfeilvernets tidsinnstilling, tid 1 og tid 2: 0,1 – 5 s, se figur 5.1.

Gjenutløsning: Dersom normalutløsning ikke har skjedd innen tid 1 skal utløsningsimpuls gis via den andre SUB'en.

Backuputløsning: Dersom gjenutløsning ikke har skjedd innen tid 2 (beregnet fra gjenutløsning startet) skal omkringliggende brytere i egen stasjon få utløsningsimpuls. Med omkringliggende brytere menes brytere som spenningssetter bryter med feil.

12.9 Vernutrustning mot 100 Hz komponenter

I det følgende skisseres alternative krav til dimensjonering av en statisk omformerstasjon med hensyn til 100 Hz komponenter, der minimum ett av kravene skal oppfylles.

- Maksimumskrav
- Minimumskrav (3 krav som alle må oppfylles)

Maksimumskrav

Omformerstasjonen skal utrustes slik at omformerstasjonen ikke leverer enkeltfrekvenser i frekvensområdet 87 - 113 Hz som overskrider 2 A i mer enn 1 s.

Minimumskrav

1. Kravet gjelder selvgenerert strøm, som funksjon av enkeltfrekvenser, fra statisk omformerstasjon, minimum i frekvensområdet 92 Hz - 108 Hz, innmatet fra gjeldende omformerstasjon på tilhørende 16 kV samleskinne.

2. Strømstyrken i det aktuelle frekvensområdet forårsaket av den statiske omformerstasjonen skal ikke overstige 1 A i mer enn 1 s.
Merknad: Man behøver ikke realisere dette ved hjelp av et utkoblingsvern.
3. Punkt 1-2 skal verifiseres av 3'de part og dokumenteres med et sertifikat/bevis utstedt av 3'de part. 3'de part skal godkjennes av begge parter, det vil si leverandør og Jernbaneverket.

Alternativ til punkt 2.

Det skal implementeres et vern som kobler ut omformeren dersom strømstyrken i det aktuelle frekvensområdet overstiger 5 A i 1 s.

Merknad til punkt 1, 2, 3 og "alternativ til punkt 2":

Ved å realisere ovennevnte med hensyn på den totale strømmen som mates av omformerstasjonen isteden for den selvgenererte, antas kravene 1 og 2 for fullstendig oppfylt.

12.10 Vern ved innkobling

Vern mot stor fasevinkel- eller spenningsforskjell

Det skal installeres innstillbart vern som hindrer innkobling ved stor fasevinkel- eller spenningsforskjell når både hovedsameskinne og utgående kabelavgang er spennings satt.

Test mot kortslutning før innkobling

Hvert utgående linjefelt skal før utgående linjebryter (effektbryter) legges inn, teste hovedsameskinnen og linjeavgangen for eventuelle kortslutninger, dersom de ikke allerede før innkoblingen er spennings satt. Testen skal ikke belaste kontaktledningsanlegget med mer enn 25 A i normalt maksimalt 2 s. Det skal installeres reservevern som sikrer utkobling av denne testen etter maksimalt 6 s. Det skal i hvert enkelt tilfelle vurderes om tidsintervallene kan reduseres.

Automatisk gjeninnkobling:

Opptil 3 automatiske gjeninnkoblingsforsøk skal foretas dersom effektbryteren er utløst av distansevern, overstrømsvern, 100 Hz vern eller underspenningsvern på et utgående linjefelt. Gjeninnkobling foretas 5 s etter at effektbryteren er utløst og deretter henholdsvis 30 s og 180 s etter at forutgående gjeninnkoblingsforsøk er avsluttet. Hvis tredje gjeninnkoblingsforsøk er mislykket skal bryteren blokkeres slik at ny innkobling bare kan gjøres etter en deblokkering og en ny inn-kommando er gitt fra kontrolltavle/fjernkontroll.

Et innkoblingsforsøk anses som mislykket dersom:

- vern mot stor fasevinkel- eller spenningsforskjell hindrer innkobling.
- test av hovedsameskinne og kabelavgang for eventuelle kortslutninger utføres uten at effektbryteren legges inn.
- effektbryteren på nytt får utkoblingsimpuls fra et vern innen en stillbar tidsforsinkelse (normalt: 0 - 90 s fra siste gjeninnkoblingsforsøk).

Deblokkering av en bryter som er gått i blokade skal gjøres ved å gi utkommando, enten lokalt eller fjernt, til bryteren som allerede ligger ute. En deblokkering skal ikke forårsake start av nytt gjeninnkoblingsforsøk. Gjeninnkoblingsenhetene for de forskjellige utgående linjefeltene skal være separate. Dersom man i et gjeninnkoblingsforløp ønsker å stoppe det videre forløpet, skal dette kunne gjøres ved en manøver på aktuell bryter. Dette skal skje uten at det medfører signalet «Blokking» på bryteren.

Energiforsyning

Dersom effektbryteren er utløst av overbelastningsvern kan innkobling foretas når temperaturen er tilbake på normal-nivå.

Dersom effektbryteren er utløst av samleskinnevern skal gjeninnkobling ikke foretas og bryteren skal blokkeres.

13 JORDING

13.1 Generelt

Alt utstyr skal jordes i henhold til gjeldende norske normer og forskrifter. Relevante avsnitt i kap. 6 [JD 510] skal følges.

13.2 Funksjon

Jording av kabler og utstyr skal koordineres mot Jernbaneverkets øvrige infrastruktur. Dette for å sikre at anleggene ikke påvirker/forstyrrer hverandre unødvendig.

Koordineringsansvaret for jording mot Jernbaneverkets øvrige infrastruktur skal ivaretas av ansvarlig for matestasjonsanlegget.

13.2.1 Beskyttelsesjord og driftsjord

Alle jordsamleskinner skal tilknyttes en sentral hovedjordsamleskinne. Hovedjordsamleskinnen skal igjen være direkte forbundet med anleggets jordelektrode(r). Returskinne skal tilknyttes sentral hovedjordsamleskinne. Hovedjordsamleskinne og returskinne skal monteres slik at de er lett tilgjengelige.

Jordingsanlegget inkludert hovedjordledere til ulike deler av anlegget, skal dimensjoneres spesielt med tanke på at overharmoniske driftsstrømmer skal ledes til god jord, slik at de overharmoniske strømmene ikke forstyrrer øvrig utstyr i og i nærheten av matestasjonen. Nødvendig verdi på overgangs-motstand mellom hovedjord-samleskinnen og sann jord for anlegget skal dokumenteres. Krav til berøringsspenning, samt eventuelle krav til jordmotstand til jord for EMP-beskyttede anlegg må minimum legges til grunn i vurderingen.

13.2.2 Utgående linjeutrustning

Høyspenningsrom utføres med egen jordsamleskinne som igjen er tilknyttet hovedjord-samleskinne. Jordsamleskinnen skal monteres i 15 kV-rommet. Høyspenningsskapene skal ha tilkoblingspunkt for arbeidsjord i front.

14 MÅLINGER OG MÅLEUTSTYR

14.1 Generelt

Krav til målinger med hensyn til nødfrakobling, se spesielt avsnitt for nødfrakobling.

For oppfølging av stasjonens energileveranse skal det være energimåling sum 1-fase stasjon og for hver linjeavgang med nøyaktighetsklasse 0,5s.

Generelt gjelder at totale målefeil ikke skal overstige 1 %.

14.2 Sum stasjon

Energimåling fra en omformerstasjon til 1-fase nettet skal skje ved kombinasjonen spenningsmåling på 1-fase samleskinne og strømmåling på returstrømskretsen. Totalt skal det etableres måleutstyr for samtlige komponenter: P, Q, U og I.

- Transformator for energimåling skal være på 20 VA.
- Minimum nøyaktighetsklasse skal være på 0,5s.

Måleutstyr for følgende målinger skal som minimum etableres:

- Strøm (mA) for alle nødfrakoblingsløyfe-anlegg ved bruk av strømsløyfer.
- Sum utgående aktiv effekt fra matestasjonen (MW), 16 ²/₃ Hz.
- Sum utgående reaktiv effekt fra matestasjonen (+/- MVar), 16 ²/₃ Hz.
- Sum utgående strøm fra matestasjonen (+/- A), 16 ²/₃ Hz.
- Produsert og tilbakematet 1-faseenergi, 16 ²/₃ Hz for matestasjonen (kWh * 100).

14.3 Utgående linjer

Måleutstyr for følgende målinger skal som minimum etableres for utgående linjer:

- Spenning hovedsamleskinne, 16 ²/₃ Hz fra alle ev. seksjoner.
- Energi, 16 ²/₃ Hz for alle utgående felt. Toveis måler (kWh * 100), nøyaktighetsklasse skal være på 0,5s.
- Spenning, 16 ²/₃ Hz for alle utgående felt.
- Strøm, 16 ²/₃ Hz for alle utgående felt.

15 FJERNSTYRING

15.1 Generelt

Enhver matestasjon skal kunne overvåkes og styres på en effektiv, sikkerhetsmessig og hensiktsmessig måte.

15.2 Signalomfang

For å få en effektiv overvåking og kontroll av energiforsyningen, bør alle målinger angitt under avsnittet for "Målinger og måleutstyr" overføres til fjernstyringssentralen.

16 NØDFRAKOBLING

Det skal etableres nødfrakobling i matestasjoner og koblingshus i henhold til kap.12.

17 OMGIVELSER OG MILJØ

17.1 Generelt

Utstyr som plasseres ved spor/til offentlig utsyn skal være gjennomtenkt, og utført slik at det ikke skjemmer omgivelsene.

Utstyr og komponenter skal under drift funksjonere sikkert og i henhold til funksjonsspesifikasjonen under alle miljømessige forhold som utstyret kan forventes å bli påvirket av.

Det skal oppgis opplysninger om alle komponenters helsemessige konsekvenser for personell og miljø, med tanke på utslipp ved brann, eksplosjon, lekkasjer, fordampning, gassavgivelser m.m. Opplysningene skal være tilgjengelige for minimum anleggets driftspersonell og personell som normalt ferdes i anleggets umiddelbare nærhet.

Krav til 100 Hz komponenter er gitt i avsnitt 12.9. Dersom en matestasjon mater effekt inn i et område som har sikringsanlegg som kan påvirkes av støystrømmer i banestrømsforsyningen i andre frekvensspektre, skal krav til støystrømmer fra disse anleggene fremskaffes og følges.

17.2 Klimatiske forhold

Matestasjoner skal ha funksjonsområder for alle påregnelige klimatiske uteforhold som ikke inngår i kategorien "naturkatastrofer". Med funksjonsområde menes her at matestasjonen skal ha spesifisert virkemåte. Se for øvrig avsnitt 9.

17.3 Akustisk støy

Akustisk støy overfor naboer skal være i henhold til de anbefalinger som "Støybok for saksbehandling i kommunene" setter for industri.

Alle anlegg skal tilfredsstille de lokale og statlige miljøkrav.

17.4 EMC

Krav til EMC kan deles inn i to deler:

- Elektromagnetisk immunitet
- Elektromagnetisk stråling

Følgende normer for EMC i industri/høyspenningstilstand skal følges for matestasjonen:

- Cenelec norm EN 50082-2: (Elektromagnetisk immunitet)
- Cenelec norm EN 50081-1: (Elektromagnetisk stråling)
- Cenelec norm EN 50081-2: (Elektromagnetisk stråling)

Anlegget skal konstrueres med tanke på å begrense elektromagnetiske felt.

17.5 Psofometrisk støystrom

Psofometrisk støystrom (definert i CCITT direktiv) fra en omformerstasjon skal ved mating av en ubelastet linje (uten noen form for dempefilter i enden) ikke overstige 0,5 A i sum returstrøm inn til omformerstasjonen. Linjen skal kunne være opp til 100 km lang.

Ved hvilken som helst belastning med et eller to lokomotiv (som forventes å trafikkere den aktuelle strekningen) i en avstand 20 km fra matestasjonen skal psofometrisk støystrom (definert i CCITT direktiv) ikke overstige 1,5 A målt i sum strøm gjennom lokomotivet. Kravet gjelder ved mating på en omlag 50 km lang matelinje (uten noen form for dempefilter i enden).

17.6 Impulsstøy fra energiforsyningsanlegg

Ved hvilken som helst belastning med et eller to lokomotiv (som forventes å trafikkere den aktuelle strekningen) i en avstand 20 km fra matestasjonen skal ingen enkeltfrekvens målt på lokomotivene overstige følgende verdier:

- 5 A i frekvensområdet 300 Hz - 10 kHz
- 3 A i frekvensområdet 10 kHz - 50 kHz
- 1 A i frekvensområdet 50 kHz - 100 kHz

Kravet gjelder ved mating på en omlag 50 km lang matelinje (uten noen form for dempefilter i enden).

17.7 Radiostøy

Ved hvilken som helst belastning med et eller to lokomotiv (som forventes å trafikkere den aktuelle strekningen) i en avstand 20 km fra matestasjonen skal grenseverdier for radiostøy spesifisert i NEK-EN 55011 overholdes.

Kravet gjelder ved matestasjonen og ved kontaktledningsnettene 5 km og 20 km fra matestasjonen i materetningen. Kravet gjelder ved mating på en omlag 50 km lang matelinje (uten noen form for dempefilter i enden).