1 HENSIKT OG OMFANG 2
2 REFERANSEDOKUMENTER 3
3 KRAV TIL JORDINGSANLEGGET 4
3.1 Krav til elektrodeanlegg 4
3.1.1 Elektrodens funksjon og utforming 4
3.1.2 Overgangsmotstand til sann jord 4
3.1.3 Avstand mellom elektroder 4
3.1.4 Dokumentasjon av elektrodeanlegg 5
3.1.5 Elektroder for avledning av atmosfæriske overspenninger 5
3.2 Jordingstrategi på stasjoner (el-teknisk hus) og blokkposter 5
3.2.1 Jordnettstruktur og soneinndeling 5
3.2.2 Grensesnitt mot everk 6
3.2.3 Grensesnitt mot kontaktledningsanlegget 6
3.2.3.1 Jording av reservestrømstransformator 6
3.2.3.2 Jording av telekabel langs kontaktledningsanlegget 7
3.2.4 Jording av antennemast 8
4 KRAV TIL ISOLASJON 9
4.1 Isolasjonsnivå i kontaktledningsanlegg 9
4.2 Isolasjonsavstander i kontaktledningsanlegg 9
4.3 Isolasjonsnivå i div lavspenningsanlegg 9
4.4 Isolasjonsavstander i lavspenningsanlegg 9
5 KRAV TIL OVERSPENNINGSBESKYTTELSE 10
5.1 Generelt 10
5.2 Generelle krav til overspenningsvern 10
5.2.1 Funksjon under normal drift 10
5.2.2 Funksjon ved overspenninger 10
5.2.3 Funksjon ved havarert vern 10
5.2.4 Koordinering mellom grovvern og finvern 10
5.2.5 Plassering og tilkobling av vern 11
5.2.6 Gjeldende normer 11
5.3 Overspenningsvernets merkeverdier 11
5.3.1 Følgende definisjoner skal legges til grunn ved valg av overspenningsvern 11
5.3.2 Metalloksidavledere (varistorer) for lavspenningsanlegg 12
5.3.3 Gnistgap 13
5.3.4 Kombinasjon gnistgap/metaloksidavleder 13
5.3.5 Disneuter 13
5.4 Krav til vernenivå (U_{res}) for ulike anlegg i infrastrukturen 13
5.5 Bruk av overspenningsvern på stasjoner (el-tekniske hus) 14
5.6 Bruk av overspenningsvern på fri linje 14
5.7 Bruk av overspenningsvern ved høyspenningskabler 15

1 HENSIKT OG OMFANG

Med isolasjonskoordinering menes å optimalisere alle elektroanleggende i infrastrukturen slik at feil som oppstår på grunn av driftsfrekvente eller atmosfærisk overspenninger begrenses til et minimum. Elektroanleggene i infrastrukturen omfattes av høyspenningsanlegg og lavspenningsanlegg. Isolasjonskoordineringen omfattes av koordinering i jordingsanlegget, bestemmelse av isolasjonsnivå og bruk av overspenningsbeskyttelse. Dette regelverket er derfor tredelt:

- Krav til jordingsanlegget
- Krav til isolasjon
- Krav til overspenningsbeskyttelse

For et gitt anlegg, f.eks. et el-teknisk hus, vil flere ulike elektriske anlegg være involvert, og grensesnittene mellom dem kan beskrives ved hjelp av soneteori, se vedlegg 11a og ref [2] (avsnitt 2).

2 REFERANSEDOKUMENTER

Referanser:

[1] "Praktisk måling av OVERGANGSMOTSTAND til jord med JORDPLATEMÅLER"
Norsk Elektro Teknikk AS 1995
[2] EEU kurs for NSB: "EMC"
NTH våren 1995
[3] "Overspenningsbeskyttelse i lavspenningsanlegg"
NIF kurs 16-18 september 1996

Den som skal prosjektere eller bygge isolasjonskoordinering må også ha kjennskap til følgende regelverk:

[JD 540] Kap 13	Regelverk for prosjektering av jordingsanlegg
[JD 540] Kap 15	Regelverk for prosjektering av isolatorer
[JD 541] Kap 13	Regelverk for bygging av jordingsanlegg

3 KRAV TIL JORDINGSANLEGGET

3.1 Krav til elektrodeanlegg

3.1.1 Elektrodens funksjon og utforming

Elektrodens funksjon og utforming *skal* tilfredsstille krav ihht. FEA-F § 103 eller FEB § 542.2, avhengig av type anlegg og beliggenhet, se de respektive kapitler.

FEA-F § 103 spesifiserer at elektrodens tilkoblingsledere skal være minst 25 mm^2. Minstetverrsninttet for jernbaneanlegg skal være minst 50 mm^2 der hvor tilkoblingselderne skal forbindes med kontaktledningsanleggets returkrets.

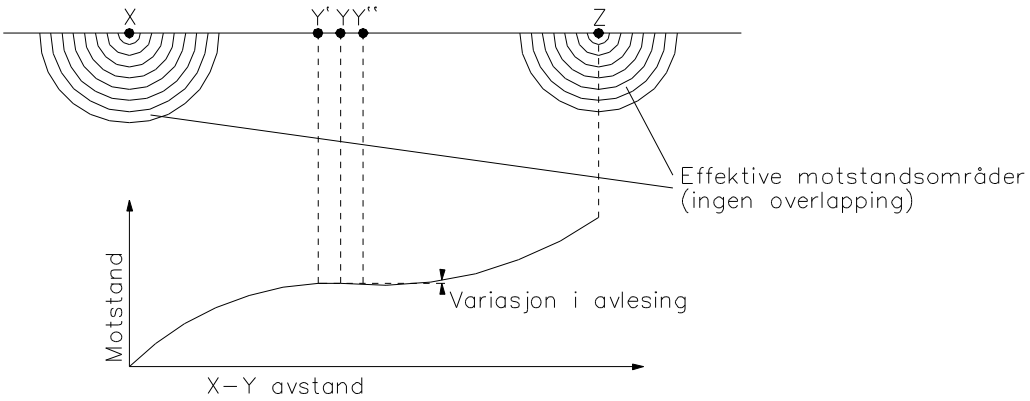
3.1.2 Overgangsmotstand til sann jord

Elektrodeanlegget skal ha en overgangsmotstand til "sann jord" som ikke overskrider 40 Ω. Elektroden skal være i kontakt med frostfri dybde.

Ref [1] i avsnitt 2 beskriver målemetode for måling av overgangsmotstand til jord og jordens resistivitet ved hjelp av jordplatemålinger. Ref [1] beskriver også bruk av jordingsmonograf, et skjema som kan brukes for å finne nødvendig elektrodedybde i forhold til jordsmonnets resistivitet og ønsket overgangsmotstand.

3.1.3 Avstand mellom elektroder

Avstanden mellom to elektroder skal være slik at de ikke har overlappende effektive motstandsområder. Figur 11.1 viser hva som menes med "effektive motstandsområder".



Figur 11.1 Effektive motstandsområder for elektrodene "X" og"Z"

Nødvendig avstand skal finnes ved hjelp av målinger. Eksempel på målemetode er beskrevet i ref [1] i avsnitt 2. Det er meget viktig å kontrollere avstanden der det skal være separate jordsystemer, f.eks skinnejord ↔ stasjonsjord og evnt. stasjonsjord ↔ everksjord.

Elektroder som ikke hører til samme jordsystem skal aldri ha overlappende motstandsområder. Mange steder vil dette ikke være mulig å oppnå, f.eks. i tettbebygde strøk der jernbanens og everkets jordingsnettverk ligger for tett. Ved slike tilfeller skal det tydelig fremgå i anleggsdokumentasjonen (jordingsplaner, måleresultater, osv) at elektrodeanleggene har innvirkning på hverandre.

Elektroder som tilhører samme jordsystem skal ha utjevningsforbindelse mellom dem, og det tillates at deres effektive motstandsområder har en viss grad av overlapping.

Alle forbindelser til elektrode(ne) og mellom elektroder bør kobles ved hjelp av termitsveis.

3.1.4 Dokumentasjon av elektrodeanlegg

Ved bygging av nytt elektrodeanlegg og ved arbeider på eksisterende anlegg skal følgende dokumenteres:

- elektrodenes utforming (form materiale, og evnt jordforbedringsmidler anvendt)
- elektrodenes plassering (skisse med angitte avstander og dybde)
- målt overgangsmotstand til jord og målt jordresistivitet
- beskrivelse av målemetoder (inkl. skisse/skjema)
- målt avstand mellom ulike elektrodeanlegg og dokumentasjon på at motstandsområdene ikke overlapper, eventuelt på at det ikke er mulig å unngå at de overlapper.

3.1.5 Elektroder for avledning av atmosfæriske overspenninger

Jordspyd med god avledning for lave frekvenser (16 2/3 Hz, 50 Hz og 100 Hz) er ikke nødvendigvis tilfredsstillende for høye frekvenser (atmosfæriske overspenninger). Derfor skal det etableres kråkefotelektrode, eller tilsvarende, i umiddelbar nærhet av alle overspenningsvern, dvs ved sugetransformatorer, reservestrømstransformatorer, el-teknisk hus, kiosker osv.

Som kråkefot brukes f.eks 4 kobbestråler vinkelrett på hverandre forlagt horisontalt i frostfri dybde. På steder med høy resistivitet i jordsmonnet, blir avledningsforholdene bedre hvis kråkefoten kombineres med jordspyd. Alternativt kan en opprette “kråkefot” ved hjelp av (3) 4 jordspyd som er sammenkoblet i stjerneform. Spydene bør ha like lengder og en innbyrdes avstand som er lik spydlengden.

Det skal være kortest mulig føringsveier fra overspenningsvern til elektrode. Alle føringer skal legges slik at det ikke oppstår vinkler eller skarpe svinger.

3.2 Jordingstrategi på stasjoner (el-teknisk hus) og blokkposter

3.2.1 Jordnettstruktur og soneinndeling

For nye el-tekniske hus og kiosker skal retningslinjene i vedlegg 11a følges. Ved ombygginger i eksisterende el-tekniske hus og kiosker skal vedlegg 11a. Ved inspeksjon av el-teknisk hus kan vedlegg 11a [JD 542] brukes.

I el-tekniske hus etableres en hovedjordsamleskinne i lavspenningsrom / omformerrom. Alle innkommende kabler som skal jordes til husets hovedjord, skal jordes til denne samleskinnen. Øvrig jordnettstruktur i det el-tekniske huset skal utføres som en ren trestruktur (radielt nett). Det kan etableres egne lokale jordingskinner signalrom, telerom, osv. Hvis dette gjøres skal alt utstyr i signarom, telerom osv jordes til sin lokale jordskinne og det skal etableres utjevningsforbindelser til hovedjordsamleskinnen.

3.2.2 Grensesnitt mot everk

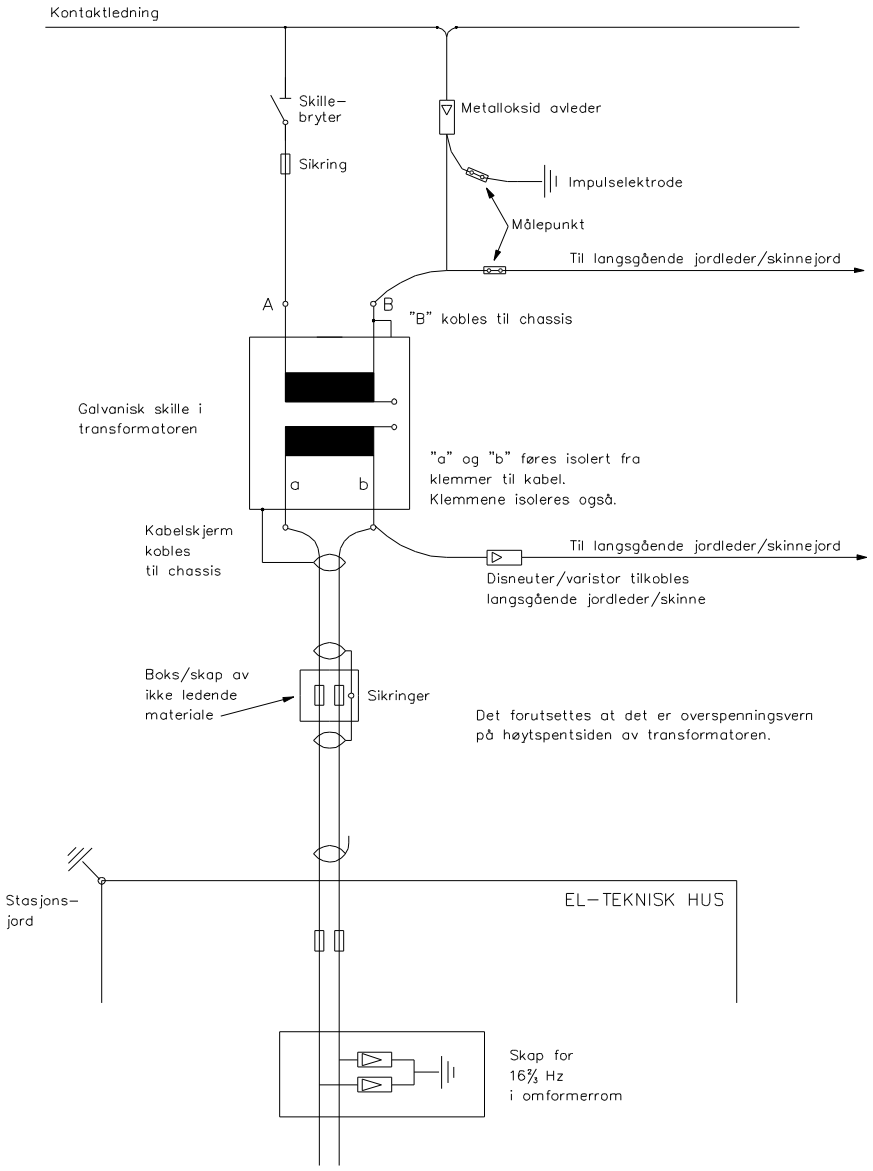
Stasjonens elektrodeanlegg skal ha et effektivt motstandsområde som ikke overlapper everks, slik som beskrevet i avsnitt 3.1.3. Dersom det ikke er praktisk mulig å holde elektrodeanleggene adskilt, skal det opprettes en veldefinert utjevningsforbindelse mellom dem.

Dersom everket ikke leverer lavspentforsyning fra et IT-nett. skal det ved inntak til Jernbaneverket benyttes en skilletransformator som leverer for IT-nett på sekundærsiden.

3.2.3 Grensesnitt mot kontaktledningsanlegget

3.2.3.1 Jording av reservestrømstransformator

Se figur 11.2. Kabler skal jordes ved forsyningsenden og isoleres i motsatt ende. Dvs at kabler fra reservestrømstransformatoren jordes ute ved transformatoren og isoleres ved stasjonen. Kabler fra stasjonen som forsyner el.installasjoner og signal/teleanlegg langs linjen jordes ved stasjonen og isoleres ved kl.anlegget.



Figur 11.2 Jording av reservestrømstransformator

3.2.3.2 Jording av telekabel langs kontaktledningsanlegget

Skjerm for telekabel jordes ved hjelp av jordspyd ved hver 700 m. På samme sted skal det opprettes en utjevningsforbindelse mot seksjonert jordline.

Skjerm for telekabel bør ikke jordes nærmere enn 400 m i begge retninger fra telerommet på stasjoner.

Videre bør skjermen ikke jordes i nærheten av steder der det er overspenningsvern i kontaktledningsanlegget, dvs på steder der det er stor sannsynlighet for lokalt spenningsoppsving av jordpotensialet på grunn av overslag/spenningsutjevning mellom kontaktledning og skinner/jord.

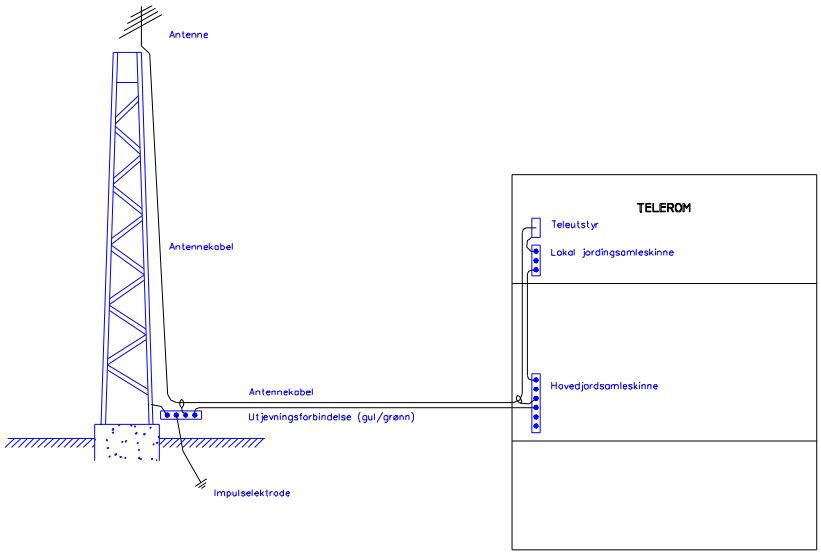
3.2.4 Jording av antennemast

Antennemaster fungerer i gitte tilfeller som lynavleder og skal derfor ha egen impulselektrode for avledning av lynoverspenninger. I tillegg skal det opprettes en egen utjevningsforbindelse (gul-grønn Cu) mellom mastens elektrode og hovedjordsamleskinne på stasjonen. Skjermen på antennekabelen fra masten jordes til jordingspunkt på masten i den ene enden og til hovedjordsamleskinnen i det el-tekniske huset i den andre enden. Se figur 11.3.

Dersom disse kravene skal implementeres i eksisterende el-tekniske hus, og utjevningsfordelsen mellom antennemasten og husets hovedjord legges i en annen trasé enn antennekabelen, skal ikke antennekabelen jordes til hovedjord i det el-tekniske huset.

Unntak 1: Dersom antennemasten er så langt unna det el-tekniske huset at mastens elektrode ikke har overlappende motsandsområde med husets, skal det ikke legges egen utjevninsforbindelse fra antennemasten til huset. I dette tilfelle skal skjermen på antennekabelen isoleres fra hovedjord i det el-tekniske huset.

Unntak 2: Dersom antennemasten står innenfor kontaktledningens slyngfelt erstattes utjevningsforbindelsen til stasjonens hovedjord med en forbindelse til kontaktledningsanleggets returkrets, dvs til den langsgående jordlinen, eller til skinnegangen (strekninger uten jordline). I dette tilfelle skal skjermen på antennekabelen isoleres fra hovedjord i det el-tekniske huset.



Figur 11.3 Jording av antennemast

4 KRAV TIL ISOLASJON

4.1 Isolasjonsnivå i kontaktledningsanlegg

Se regelverk for isolatorer kap 15.

4.2 Isolasjonsavstander i kontaktledningsanlegg

Se regelverk for isolatorer kap 15.

4.3 Isolasjonsnivå i div lavspenningsanlegg

Følgende krav til isolasjonsnivå gjelder for isolasjonsholdfasthet ved 1.2/50 µs-støt og 8/20 µs-støt:

Isolasjonsholfasthet	***Anleggsbeskrivelse***	***Jernbaneverkets tilleggskommentar***
6 kV	hovedfordeling, strøminntak, inkl måler	inntak fra everk inntak fra reservestrømstransformator
4 kV	fast opplegg inkl ledninger og stikkontakter	
2,5 kV	vanlig utstyr	signalanlegg, lavsp. installasjoner
1.5 kV	elektronikk	signalanlegg og teleanlegg

Tabell 11.1 Standard isolasjonsnivå for lavspenningsanlegg ihht IEC 664-1

Verdiene gjelder for 239/400 volt system og det er ikke skilt mellom isolasjonsholdfasthet fase-fase og fase-jord.

4.4 Isolasjonsavstander i lavspenningsanlegg

Ref prEN 50 124 - 1[1]

[1] Foreløpig norm

5 KRAV TIL OVERSPENNINGSBESKYTTELSE

5.1 Generelt

Kostnadsmessig vil det aldri være mulig å bygge et anlegg med "perfekt" overspenningsbeskyttelse. Derfor består kravene i dette avsnittet å optimalisere mellom teknikk og økonomi, slik at anlegget blir beskyttet tilfredsstillende innenfor akseptable kostnader.

I tillegg til bruk av vern oppnås bedre beskyttelse mot overspenninger ved hensiktsmessig jording og tilstrekkelig isolasjon, slik som beskrevet tidligere i dette kapittelet.

Anlegg med overspenningsvern bør ha en rimelig beskyttelse mot serielyn. Dette oppnås ved å dublere alle vern, dvs at det bør installeres to like vern ved siden av hverandre som gjensidig reserve.

5.2 Generelle krav til overspenningsvern

5.2.1 Funksjon under normal drift

Overspenningsvernet skal være høyohmig og ikke representere en feilkilde ved nominell spenning. Denne betingelsen er bestemmende for vernets laveste vernenivå.

5.2.2 Funksjon ved overspenninger

Ved overspenninger skal vernet være anleggets "svakeste punkt", dvs at vernet skal uskadeliggjøre overspenninger før isolasjonen skades. Denne betingelsen er bestemmende for vernets høyeste vernenivå

Leverandør av overspenningsvern skal kunne fremskaffe TOV-kurver, dvs spenning-tid kurver som viser vernets evne til å tåle temporære overspenninger som funksjon av tiden.

5.2.3 Funksjon ved havarert vern

Hvis overspenningsvernet havarerer, skal det automatisk kobles fra, slik at det ikke blir stående som en lavohming forbindelse.
Hvis overspenningsvernet havarerer, skal dette være godt synlig v/inspeksjon, og vernet skal skiftes ut omgående.

5.2.4 Koordinering mellom grovvern og finvern

Finvernet skal ha minst 5-10 % høyere vernenivå enn grovvernet, mens grovvernet skal ha høyest energiopptaksevne.

5.2.5 Plassering og tilkobling av vern

Vernet skal plasseres så nær det objektet som skal beskyttes som mulig, for å oppnå kortest mulig føringer mellom fase / vern og mellom vern / jord.

Videre skal disse ledningene ikke legges i skarpe kurver eller vinkler.

5.2.6 Gjeldende normer

Metalloksidavledere i høyspenningsanlegg skal testes ihht IEC 99-4.

5.3 Overspenningsvernets merkeverdier

5.3.1 Følgende definisjoner skal legges til grunn ved valg av overspenningsvern

U_R eller U_r	***Avlederens merkespenning:*** Den høyest tillatte spenning (eff. verdi) mellom avlederens tilkoblingsklemmer der avlederen fungerer korrekt under spesifiserte temporære overspenninger
U_C	***Avlederens kontinuerlig driftspenning:*** Den angitte driftsfrekvente spenning (eff.verdi)som avlederen tåler kontinuerlig mellom sine tilkoblingsklemmer.
U_{res} eller U_p	***Avlederens avledningsnivå (betegnes også som vernenivå eller restspenning):*** Toppverdien av spenningen mellom avlederens tilkoblingsklemmer under et strømstøt. Verdien er avhengig av strømstøtet, men det er vanlig å referere til et 8/20 μs 10 kA - støt.

Tabell 11.2 Definisjoner ihht IEC 99-4

Figur 11.4 nedenfor illustrerer disse definisjonene i et eksempel på en typisk ZnO-karakteristikk

Figur 11.4 Strøm/spenningskarakteristikk for metalloksidavleder

Avledere uten gnistgap har ingen tennspenning, avlederen kjennetegnes ved sitt vernenivå U_{res}

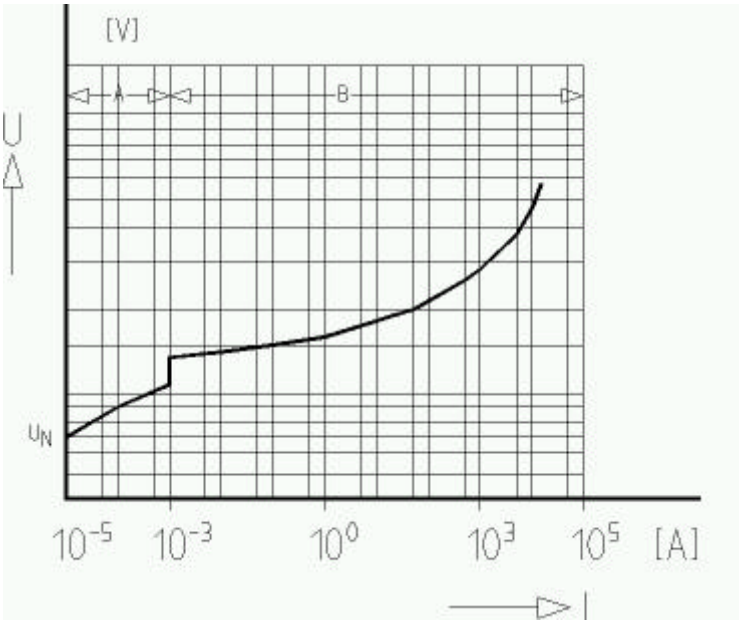
Vernets lengde har betydning for merkespenningen, mens diameteren (tverrsnitt) har betydning for vernenivået (U_{res}).

En må kontrollere at leverandører av metalloksidavledere refererer til IEC 99-4 i sine produktbeskrivelser, og at produktbeskrivelsen er i henhold til IEC 99-4 definisjoner.

5.3.2 Metalloksidavledere (varistorer) for lavspenningsanlegg

U_C og I_C	Maksimal tillatte kontinuerlig driftspenning U_C over overspenningsvernets tilkoblingsklemmer og tilhørende strøm I_C.
U_T	TOV-kurver (spenning-tid kurver) Vernets evne til å tåle temporære overspenninger som funksjon av tid.
I_n	nominell utladningstrøm for 8/20 [µs] - støt (indikerer vernets energiopptaksevne)
U_p	vernenivå, dvs at vernet begrenser spenningspåkjenningen til denne verdien.

Tabell 11.3 Definisjoner



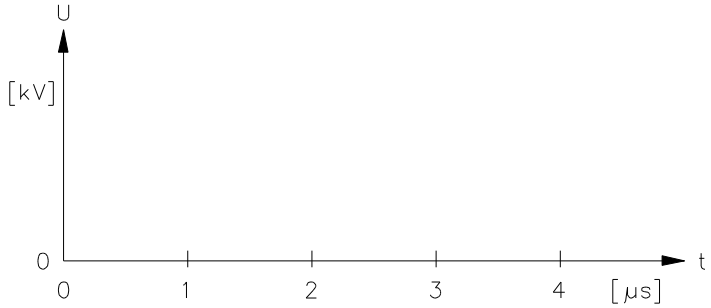
Figur 11.5 Strøm/spenningskarakteristikk for varistor

Vær obs på hvordan leverandører av varistorer definerer "merkespenning". Ved tvil, bruk TOV-kurven for vernet.

For avledere uten gnistgap har begrepet "tennspenning" ingen mening.

5.3.3 Gnistgap

Et gnistgap har tennspenning som er avhengig av overspenningens steilhet, se figur figur *11.6*. På grunn av at et gnistgap forutsetter kortvarig utkobling av den driftsfrekvente spenningen etter en overspenning, bør det som oftest brukes en metalloksidavleder i stedet, dersom kortvarig utkobling ikke er ønskelig.



Figur 11.6 *Gnistgapets tidskurve. Overslagsspenning ved frontklipping i 10 cm gnistgap*

5.3.4 Kombinasjon gnistgap/metaloksidavleder

Verntypen er under utvikling og skal foreløpig ikke brukes ved Jernbaneverket.

5.3.5 Disneuter

For å redusere antall feilkilder i anlegget skal det, dersom det brukes disneuter i Jernbaneverkets anlegg, være godkjent ihvert enkelt tilfelle, evnt. ved hjelp av generell godkjenning for et spesielt anlegg. Disneuterens plassering og merkeverdier skal fremgå i anleggsdokumentasjonen.

5.4 Krav til vernenivå (U_{res}) for ulike anlegg i infrastrukturen

anleggs-betegnelse	***maks drifts-spenning***	***isolasjons-nivå***	***anbefalt Uc (eff)***	***laveste U_{res}***	***høyeste U_{res}***
kl - anlegg	17.25 kV	> 170 kV	27 kV	29,3 kV	85 kV
lavspent nett: IT fase-jord IT fase-fase	230 V	6 kV	360 V 264 V	390 V	1,1-1,3 kV grovvern (1,4-1,5 kV finvern)
lavspent fast opplegg (ledn, stikk, mv)	230 V	4.5 kV	275 V	390	1,4-1,5 kV finvern
elektrisk utsyr					

(signalanl/el-inst)	230 V	2,5 kV	385 V	390	1,4-1,5 kV finvern
el.utstyr m/elektronikk (signal-/ teleanl)	230 V	1,5 kV	385 V	390	1,4-1,5 kV finvern

Tabell 11.4 Oversikt over karakteristiske spenningsdata for ulike anlegg

Kommentar til tabellen:

- Kontaktledningsanleggets isolasjonsnivå er referert til isolatorenes holdespenning ved 1.2/50 µs-støt
- Det er tatt hensyn til at et IT-nett kan drives med enfase jordfeil
- Laveste vernenivå (U_{res}) bør være større enn maksimal driftspenning (amplitudeverdi) + 20 %
- Høyeste vernenivå (U_{res}) bør være mindre enn halvparten av anleggets isolasjonsnivå

Overspenningsvern betegnes ofte med sin merkespenning (U_r) eller sin kontinurelig driftspenning (U_C). Ut ifra dette kontrolleres i produktspesifikasjonen hvilken U_r eller U_C som gir vernenivå(restspenning) innenfor akseptable verdier.

Det skal tas hensyn til lengden på tilkoblingsleder/jordleder til overspenningsvernet

5.5 Bruk av overspenningsvern på stasjoner (el-tekniske hus)

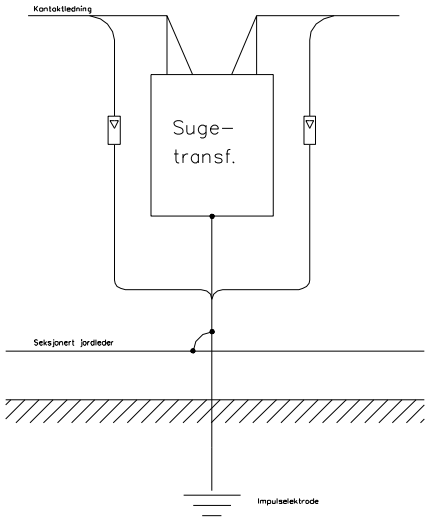
Grovvern installeres ved avgrening fra everket til Jernbaneverket. Vernene bør dubleres.

Finvern eller "mellomvern" installeres i hovedfordeling ("omformerrom"), ved alle innkommende linjer. Vernene bør dubleres.

Finvern installeres i de respektive fordelingskap for signalrom / telerom.

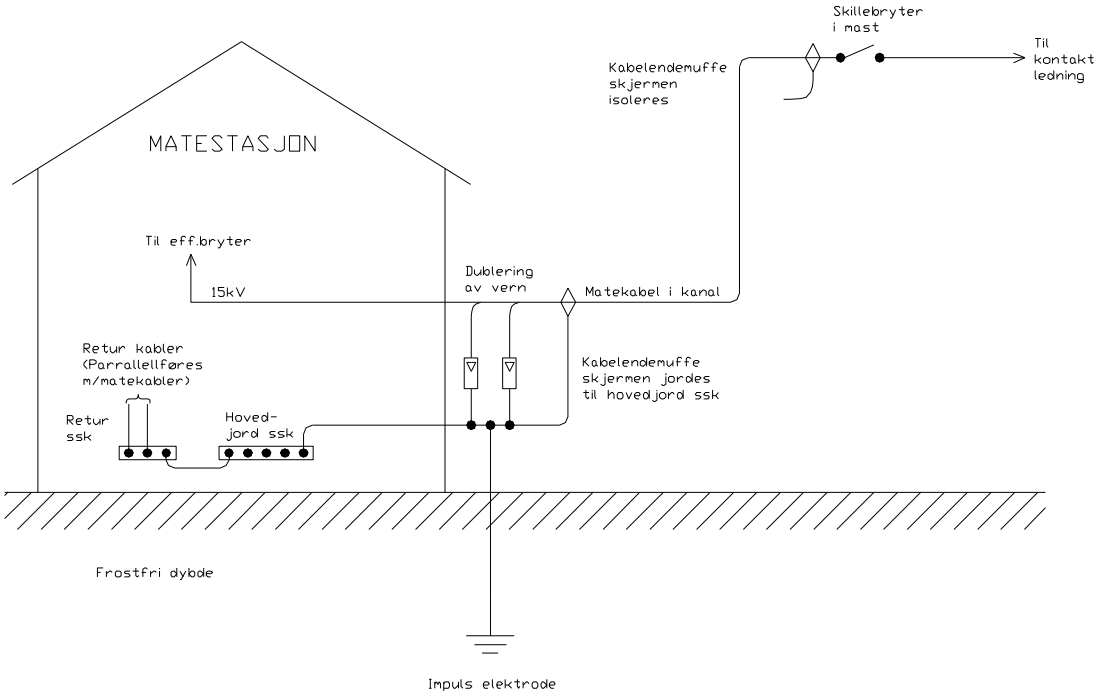
5.6 Bruk av overspenningsvern på fri linje

Ved å installere overspenningsvern (mellom kl og "sann jord" + jordleder/returkrets) med jevne mellomrom på fri linje, oppnås bedre beskyttelse av parallelle kabler og annet anlegg som er koblet til skinnene. Det anbefales å installere vern på begge sider av hver sugetransformator. Forutsetningen for at vernene skal fungere som beskyttelse for transformatorene, er at det opprettes god impulselektrode på stedet.

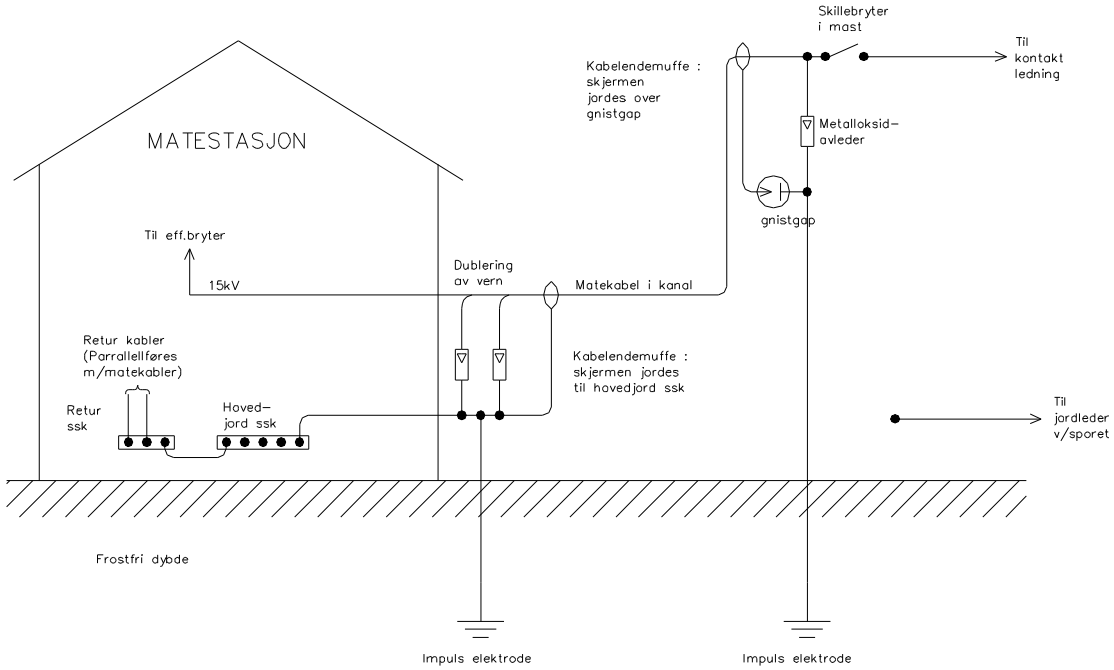


Figur 11.7 Overspenningsvern ved sugetransformator

5.7 Bruk av overspenningsvern ved høyspenningskabler



Figur 11.8 Overspenningsbeskyttelse av høyspenningskabler < 100m



Figur 11.9 Overspenningsbeskyttelse av høyspenningskabler > 100m