
Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse

1 HENSIKT OG OMFANG	2
2 KRAV TIL ISOLASJON	3
2.1 Høyspenningsanlegg	3
2.1.1 Isolasjonsnivå i 15 kV – anlegget	3
2.1.2 Isolasjonsnivå i banestrømmens returkrets	3
2.1.3 Isolasjonsavstander i bevegelige avspente ledninger og tilhørende utstyr i 15 kV- kontakledning	4
2.1.4 Isolasjonsavstander i fast avspent høyspenningsanlegg	5
2.1.5 Krypstrømsvei for isolatorer og brytere	6
2.2 Lavspenningsanlegg	7
2.2.1 Isolasjonsnivå i lavspenningsanlegg	7
2.2.2 Isolasjonsavstander i lavspenningsanlegg	7
3 KRAV TIL OVERSPENNINGSBESKYTTELSE	8
3.1 Overspenningsvern	8
3.1.1 Funksjonskrav	8
3.1.2 Plassering av overspenningsvern	8
3.2 Krav til overspenningsvern i 15 kV-anlegg	9
3.2.1 Jordingsutførelse for overspenningsvern	9
3.2.2 Overspenningsvern ved sugetransformator	10
3.2.3 Overspenningsvern ved reservestrømstransformator	11
3.2.4 Overspenningsvern ved høyspenningskabler	11
3.2.5 Overspenningsvern ved autotransformatorer	12
3.3 Krav til overspenningsaveldere i lavspenningsanlegg	12
3.3.1 Overspenningsvern for kommunikasjons-og signalutstyr	14

1 HENSIKT OG OMFANG

Kapittelets hensikt er å optimalisere alle elektroanleggene i infrastrukturen slik at feil, som oppstår på grunn av driftsfrekvente eller atmosfærisk overspenninger, begrenses til et minimum. Kapittelet omfatter alle elektroanleggene i infrastrukturen.

Isolasjonskoordineringen omfattes av koordinering i jordingsanlegget, bestemmelse av isolasjonsnivå, isolasjonsavstander og bruk av overspenningsbeskyttelse. Krav til jording av anleggene er gitt i kapittel 6.

Til dette kapitlet hører også vedlegg 7.a som gir en oppsummering av hvilke krav som finnes til isolasjonskoordinering i [FEF] og i internasjonale standarder. Vedlegget er å betrakte som informativt, alle gjeldende krav er dekket i hovedkapitlet.

2 KRAV TIL ISOLASJON

2.1 Høyspenningsanlegg

- a) Bevegelige avspente ledninger og tilhørende utstyr i 15 kV- kontaktledningsanlegg *skal* tilfredsstillende krav til isolasjon gitt i FEF § 8-3.
 1. Når det gjelder krav til isolasjonsavstander, se kravene gitt i avsnitt 2.1.3
- b) Fast avspente ledninger og tilhørende utstyr i 15 kV-anlegg *skal* tilfredsstillende krav til isolasjon gitt i FEF § 4-2.
- c) Høyspenningsanlegg med andre spenningsnivåer enn 15 kV *skal* tilfredsstillende krav til isolasjon gitt i FEF §4-2.

I FEF er det opplyst at "jernbane" er unntatt fra § 4-2. Med dette menes at bevegelig avspente ledninger og tilhørende utstyr er unntatt.

2.1.1 Isolasjonsnivå i 15 kV – anlegget

- a) Spenningsvariasjonene i banestrømmens hovedkrets skal ligge innenfor kravene til U_n , U_{max1} , U_{min1} , U_{max2} og U_{min2} i [EN 50163].

Den nominelle driftsspenningen er i normen definert som U_n , og for Jernbaneverket er U_n lik 15 kV.

- b) Alt utstyr som inngår i faste 15 kV - installasjoner skal minimum dimensjoneres for 17,25 kV (U_{max1}) kontinuerlig spenning fase-jord.
 1. Dersom utstyrets isolasjonsnivå er gitt som fase-fase –verdier, skal den korresponderende fase-jord –verdier legges til grunn i dimensjoneringen.

Se også vedlegg 7.a .

- c) Kortvarig ($t \leq 60$ s) holdespenning ved driftsfrekvens (effektivverdi):
 1. Isolasjon for utstyr og komponenter skal være 70 kV.
 2. Luftgap i brytere skal ha en holdespenning som er et nivå høyere enn for isolasjon, dvs 95 kV.

Se også vedlegg 7a

- d) Lynimpuls holdespenning (maks verdi), U_{Ni} , skal for utstyr og ledninger være:
 - minst 170 kV utendørs (overspenningsklasse OV4).
 - minst 145 kV innendørs, dersom det er installert overspenningsbeskyttelse ved innføringen til bygget (overspenningsklasse OV3, ref tabell A-2 i [EN 50124], avlest for $U_{Nm} = 24$ kV).

2.1.2 Isolasjonsnivå i banestrømmens returkrets

Banestrømmens returkrets er en del av kontaktledningsanlegget, og beskrives derfor i dette avsnittet, selv om isolasjonsnivået ikke er det samme som for høyspenningsanlegg.

- a) Banestrømmens returkrets skal ha isolasjonsnivå 1000 V mellom returledning og jord. Kravet gjelder hele returkretsen, unntatt selve skinnestrengene, og tilkoblingsklemmene

Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse

under lokk på filterimpedanser.

- b) For beskyttelse mot tilfeldig berøring med returledning (luftstrekk og kabel) skal isolasjonsnivået være $U_0 / U = 600 / 1000$ V.

U_0 : effektivverdi av spenningen mellom isolert leder og jord, U : effektivverdi av spenningen mellom to ledere i en flerlederkabel eller i et system med en-lederkabler, [EN 50264-1].

- c) Isolasjonen for utjevningsforbindelser til sporet skal være minst $U_0 / U = 450 / 750$ V. Krav til isolasjonsholdfasthet og isolasjonsavstander skal være i henhold til [EN 50124] og [IEC 60664].

2.1.3 Isolasjonsavstander i bevegelige avspente ledninger og tilhørende utstyr i 15 kV-kontaktledning

- a) Ved bygging og prosjektering av kontaktledning skal anlegget dimensjoneres med minimum 250 mm statisk og minimum 150 mm dynamisk isolasjonsavstand, ref [IEC 60913], tabell II.

Minimumskravet fra [EN 50119] er økt for å ta hensyn til spesielle vanskelige klimatiske forhold i Norge (vind, snø og isforhold).

Definisjon på dynamisk isolasjonsavstand: Den minste avstanden som kan forekomme mellom en spenningsførende del og en ikke spenningsførende del, når den ene eller begge er i bevegelse.

Definisjon på statisk isolasjonsavstand: Den minste avstanden som kan forekomme mellom en spenningsførende del og en ikke spenningsførende del når begge er i ro.

Dynamisk og statisk isolasjonsavstand har betydning for utformingen av isolatorer og ledningsføring spesielt på steder der det er begrensninger med hensyn på plass, f.eks. skjæringer og tunneler.

1. Krav til minimum statisk isolasjonsavstand skal være oppfylt på alle steder ved ubelastet anlegg.
 2. Krav til dynamiske isolasjonsavstander skal være oppfylt på alle steder ved påvirkning av krefter som normalt kan oppstå.
 3. For kontaktledning skal krav til minimum dynamisk isolasjonsavstand være oppfylt på alle steder ved en kraft på minimum 200 N mellom strømvaktaker og kontakttråd.
 4. Ved bygging/fornyelse av kontaktledning i eksisterende tunneler, bruer, snøoverbygg, mv. kan det søkes om dispensasjon fra infrastrukturendirektøren for minimum isolasjonsavstand mellom kontakttråd/spenningsførende del og faste/jordede deler ned til henholdsvis 220 mm statisk, og 120 mm dynamisk.
 5. Ved seksjonering skal isolasjonsavstanden mellom spenningsatt del og frakoblet/jordet del være minst 150 mm [NEK EN 50122-1].
- b) Faste konstruksjoner over jernbanen, for eksempel bruer, bygninger, kulverter, osv. bør ikke bygges nærmere enn 400 mm fra spenningsførende deler i kontaktledningsanlegget, på grunn av hensyn til fremtidige justeringsmuligheter.
- c) For isolasjonsavstander i AT-system skal krav i vedlegg 5.d [JD 540] følges.

2.1.4 Isolasjonsavstander i fast avspent høyspenningsanlegg

- a) Andre høyspenningsanlegg enn det som er nevnt i avsnitt 2.1.3 skal tilfredsstillende krav til isolasjonsavstander som er gitt i tabell A.3 [EN 50124-1].
- b) For autotransformator (AT) -system skal minimumskravene til avstander i ledningssystemet, gitt i tabell 7.1 følges. bryterarrangementer og ved innføring til transformatorer som er gitt i 7.2 følges
- c) For bryterarrangementer i AT-system og ved innføring til autotransformatorer skal avstander gitt i tabell 7.2 følges.

AT-system er å betrakte som et 2-fase system ($U_{PL}-U_{NL} = \pm 15\text{kV}$). Tilsvarende vil også spenningen over luftgapet i en kontaktledningsseksjon oppfattes som 2-fase, der spenningen over på de to ulike kontaktledningene i verste fall kan være i direkte motfase.

Tabell 7.1 Minimumskrav til avstander mellom fast avspente ledninger i AT-system

Astand mellom	minimumskrav
Positiv leder (PL) og jord	250 mm
Negativ leder (NL) og jord	250 mm
Positive leder (PL) og negativ leder (NL)	400 mm
Negativ leder (NL) og kontaktledning (KL)	400 mm
Positiv leder (PL) og kontaktledning (KL)	250 mm

Tabell 7.2 Minimumskrav til avstander i bryterarrangementer og ved innføring til transformatorer i AT-system

Astand mellom	minimumskrav
Positiv leder (PL) og jord	250 mm
Negativ leder (NL) og jord	250 mm
Positive leder (PL) og negativ leder (NL)	320 mm
Negativ leder (NL) og kontaktledning (KL)	320 mm
Positiv leder (PL) og kontaktledning (KL)	250 mm

Avstandskravene i tabellene 7.1 og 7.2 er gitt av rapporten "Autotransformatorsystem for norske forhold" (EK800118-000).

2.1.5 Krypstrømsvei for isolatorer og brytere

- a) Isolatorer og brytere i faste installasjoner skal ha krypstrømsvei som minst tilfredsstillende [EN 50124-1, avsnitt 6.3.2]. Se tabell 7.3.
1. Normen oppgir kravene i [mm/kV]. For 15 kV jernbaneanlegg skal maks kontinuerlig driftsspenning skal legges til grunn ($U_{\max1} = 17,25$ kV).

Tabell 7.3 Minstekrav til krypstrømsvei i henhold til [EN 50124-1]

Forurensningsgrad	Minimum krypstrømsvei	Minimum krypstrømsvei for 17,25 kV
Ugunstige forhold (Forurensning, 10-20 km fra sjøen, naturlig vask)	40 mm/kV	690 mm
Ekstremt ugunstig forhold (Kraftig forurensning, industri, saltvann, tettbebygde områder, naturlig vask)	48 mm/kV	828 mm
Ekstremt ugunstige forhold (tunnel, ikke naturlig vask)	52 mm/kV	897 mm

Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse

2.2 Lavspenningsanlegg

2.2.1 Isolasjonsnivå i lavspenningsanlegg

- a) Anlegg, utstyr og komponenter skal bygges slik at isolasjonsnivåene i tabell 7.4 oppfylles.
- Verdiene gjelder for 230/400 V system og det skilles ikke mellom isolasjonsholdfasthet for fase-fase og fase-jord

Kravene til isolasjonsnivå gjelder for isolasjonsholdfasthet ved 1.2/50 μ s-støt og 8/20 μ s-støt.

Tabell 7.4 Standard isolasjonsnivå for lavspenningsanlegg i henhold til tabell 44B [NEK 400]

Impulsholdespenning, U_{Ni}	Anleggsbeskrivelse	Jernbaneverkets tilleggskommentar
6 kV	Hovedfordeling, strøminntak, inklusiv måler	Inntak fra everk, inntak fra reservestromstransformator
4 kV	Fast opplegg inkl ledninger og stikkontakter	
2,5 kV	Vanlig utstyr	Signalanlegg, lavspent installasjoner
1.5 kV	Elektronikk	Signal- og teleanlegg

2.2.2 Isolasjonsavstander i lavspenningsanlegg

- a) Med bakgrunn i verdien for impulsholdespenning i tabell 7.4 skal isolasjonsavstander i luft være i henhold til tabell 7.5.

Avstandene er avhengig av lokalisering og forurensningsgrad. Ref, tabell A3 [EN 50124-1].

Tabell 7.5 Minimum avstand i luft for ulike impulsholdespenninger i lavspenningsanlegg avhengig av lokalisering

Impulsholdespenning U_{Ni}	Minimum isolasjonsavstand [mm]		
	Innendørs i kapsling	Innendørs uten kapsling	Utendørs
6 kV	5,5	10,0	19,0
4 kV	3,0	7,0	15,0
2,5 kV	1,5 ^{*)}	5,5	11,5
1.5 kV	0,5 ^{**)}	5,5	---

*) 1,6mm i PD4,

***) 0,8mm i PD3

3 KRAV TIL OVERSPENNINGSBESKYTTELSE

I tillegg til bruk av overspenningsvern oppnås bedre beskyttelse mot overspenninger ved hensiktsmessig jording og tilstrekkelig isolasjon, slik som beskrevet tidligere i dette kapittelet og i kapittel 6.

- a) Anlegg med overspenningsvern bør ha beskyttelse mot serielyn.

Dette kan oppnås ved å dublere alle vern, det vil si at det bør installeres to like vern ved siden av hverandre som gjensidig reserve.

- b) Vern for spesielt viktige og utsatte installasjoner bør ha alarmkontakt for melding ved defekte vern.

3.1 Overspenningsvern

3.1.1 Funksjonskrav

- a) Normal drift: Overspenningsvernet skal være høyohmig og ikke representere en feilkilde ved nominell spenning.

Betingelsen er bestemmende for vernets laveste vernnivå, se kommentarer til tabell 7.6

- b) Ved overspenninger: Vernet skal være anleggets "svakeste punkt", dvs. at vernet skal uskadeliggjøre overspenninger før isolasjonen skades.

Betingelsen er bestemmende for vernets høyeste vernnivå, se kommentarer til tabell 7.6

- c) Ved havari: Havarerte/defekte vern skal ha varsel som er godt synlig ved inspeksjon.
1. Defekte vern skal skiftes ut snarest.

- d) Overspenningsvern i kontaktledningsanlegg skal ha egenskaper, både i normal drift og ved eventuelt havari, som ikke hindrer de utkoblings- og gjeninnkoblingsrutinene som er gitt i [JD 546].

3.1.2 Plassering av overspenningsvern

- a) Overspenningsvern skal plasseres foran og så nær som mulig det objektet som skal beskyttes.
- b) Det skal alltid være en elektrode med gode høyfrekvente egenskaper (impulselektrode) i forbindelse med overspenningsvern.
1. Avstanden mellom vern og jordelektrode skal være kortest mulig.
2. Overgangsmotstanden til jordelektroden bør være lavest mulig, se kapittel 6.
- c) Ledningsføring mellom spenningsførende leder og vern og mellom vern og impulselektrode skal være så kort som mulig og skal ikke legges i skarpe vinkler.
- d) Overspenningsvern i kontaktledningsanlegg (metalloksidavledere) bør ha isolert ledningsføring hele veien ned til elektroden. Se også krav til jordingsutførelse i avsnitt 3.2.1.

Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse

3.2 Krav til overspenningsvern i 15 kV-anlegg

- a) Det skal monteres overspenningsvern (metalloksidavleder) ved punkter i nettet hvor det kan forventes å opptre skade på utstyr eller kabler som følge av overspenninger.
1. Som et minimum skal det monteres overspenningsvern ved de stedene som er beskrevet i avsnittene 3.2.2 - 3.2.5 nedenfor.

Øvrig behov for overspenningsvern må sees i sammenheng med muligheten for å få redusert overgangsmotstand til jord ved kontaktledningsmastene: Lav overgangsmotstand gir mindre behov for overspenningsvern. Se krav i kap 6 vedrørende dette.

- b) Ved valg av overspenningsvern i 15 kV-anlegg skal de dimensjonerende spenninger gitt i tabell 7.6 følges.

Tabell 7.6 Dimensjonerende spenninger for valg av overspenningsverni 15 kV anlegg

15 kV-anlegg ¹⁾	Maks kont. driftsspenning ²⁾	Isolasjons-holdespenning ³⁾	Impuls-holdespenning (U_{Ni}) ³⁾	Laveste U_{res} ⁴⁾	Høyeste U_{res} ⁵⁾
OV 4 utendørs/ubeskyttet	17,25 kV	24 kV	170 kV	29,3 kV	85 kV
OV 3 innendørs/beskyttet	17,25 kV	24 kV	145 kV	29,3 kV	72,5 kV

Noter til tabellen:

- 1) inndelt etter overspenningskategorier (OV) i henhold til [EN 50124-1]
- 2) U_{maks1} , ihht [EN 50163]
- 3) I henhold til [En 50124-1]
- 4) Laveste vernnivå (U_{res}) bør være større enn maksimal driftsspenning (amplitudeverdi) + 20 %.
- 5) Høyeste vernnivå (U_{res}) bør være mindre enn halvparten av anleggets isolasjonsnivå

Overspenningsvern betegnes ofte med sin merkespenning (U_r) eller sin kontinuerlige driftsspenning (U_c). Ut ifra dette kontrolleres i produktspesifikasjonen hvilken U_r eller U_c som gir U_{res} (vernenivå/restspenning) innenfor akseptable verdier.

3.2.1 Jordingsutførelse for overspenningsvern

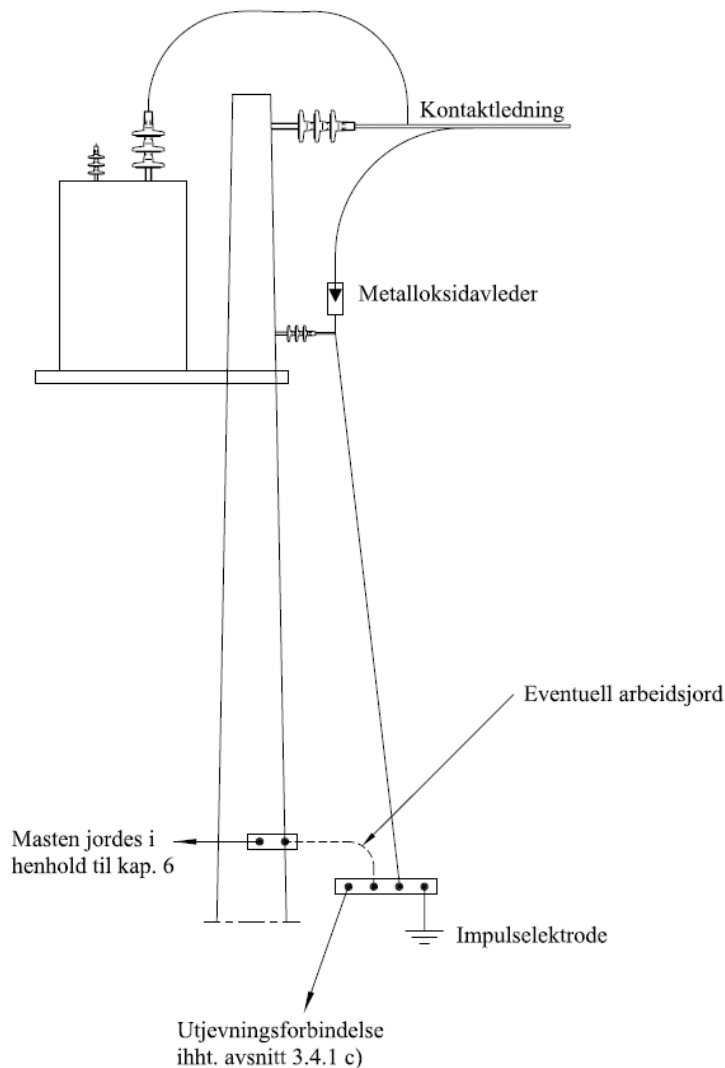
- a) Overspenningsvern skal monteres med isolert nullpunkt mot mast, se figur 7.1.

Ved utisolering må man ta hensyn til at det kan være potensialforskjell mellom mast/konsoll koblet til spor eller langsgående jordleder og vernets jordpunkt koblet til egen jordelektrode.

- b) Alle overspenningsvern som er koblet mellom spenningsførende del og jord skal ha egen jordelektrode med gode høyfrekvente egenskaper (kråkefot eller tilsvarende) i umiddelbar nærhet.
1. Det skal være en egen isolert leder (gul/grønn) fra overspenningsvernets jordpunkt til jordelektroden.
- c) Jordelektroden bør ha egen utjevningsforbindelse til banestrømmens returkrets, utført etter et av følgende alternativer.
1. Der det er langsgående jordleder kobles utjevningsforbindelsen til denne.

Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse

2. Utjevningsforbindelsen kobles til 0-punktet på filterimpedans, hvis det finnes på stedet.
3. Utjevningsforbindelsen kan kobles til sporet over en liten spole for å lage høyohmig forbindelse for høyfrekvente lynimpulser.
4. Dersom det ikke er mulig og koble jordelektroden til sporet av hensyn til sporfelter (se kapittel 6) skal det etableres tilgjengelige tilkoplingspunkter på elektroden og på mast/konsoll for å koble en midlertidig utjevningsforbindelse ved arbeid på stedet.



Figur 7.1 Overspenningsvern ved sugetransformator, reservestrømstransformator og kabelendemuffe

3.2.2 Overspenningsvern ved sugetransformator

- a) Det skal installeres overspenningsvern på begge sider av hver sugetransformator mellom kontaktledningen og en felles impulselektrode.

Unntak: For sugetransformator i tunneler installeres overspenningsvern i kontaktledningsanlegget uten for tunnelmunningene.

3.2.3 Overspenningsvern ved reservestrømstransformator

- a) Tilsvarende som ved sugetransformator skal det installeres vern ved reservestrømstransformatorer mellom kontaktledningen og en impulselektrode på stedet.
1. Vernet bør tilkobles kontaktledningen mellom eventuell skillebryter og sikring for enklere utskifting av defekt avleder, se også kapittel 8.

3.2.4 Overspenningsvern ved høyspenningskabler

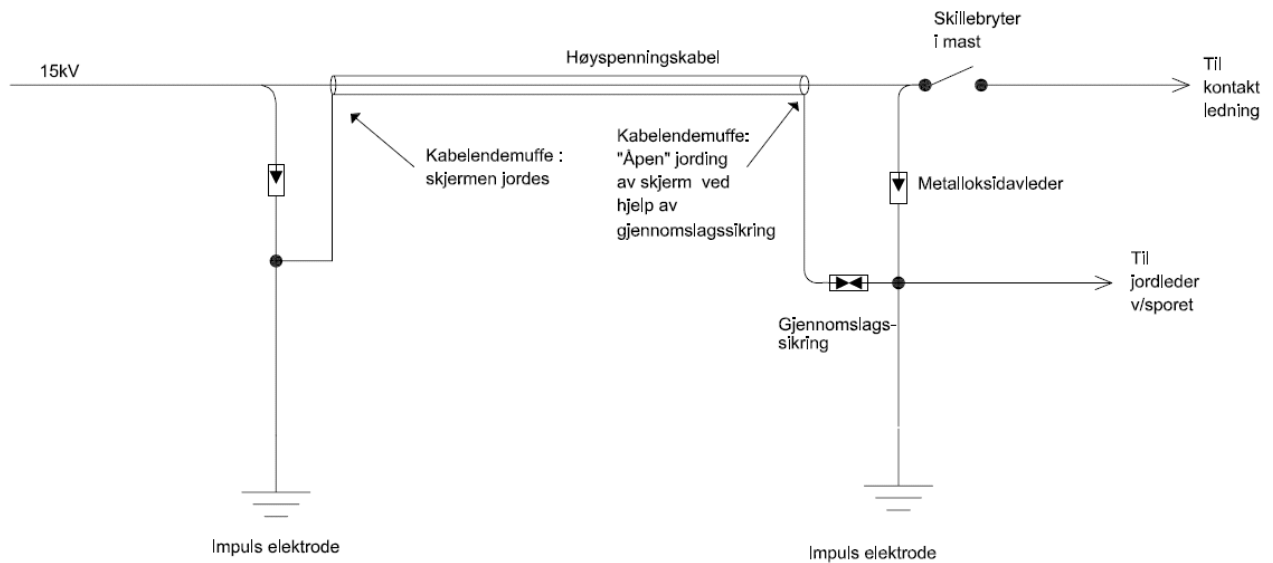
- a) For kabler > 70 meter skal det monteres overspenningsvern i begge ender av høyspenningskabler.
1. Kabler som ligger langs sporet eller som fører inn mot sporet skal jordes i henhold til kap 6. I slike tilfeller skal det benyttes gjennomslagssikring i den ikke-jordede enden, mellom "åpen" skjerm og jord. Se figur 7.2 **Feil! Fant ikke referanseilden.**

Gjennomslagssikringen er viktig for å unngå at en overspenning overskrider vernenivå (restspenningen) Spenningen mellom leder og skjerm i kabelendemuffe i den åpne enden kan i verste fall (uten gjennomslagssikring) bli dobbelt så stor som vernenivået.

Figur 7.2 viser eksempel på overspenningsbeskyttelse ved lengre høyspenningskabel (matekabel, forbigangskabel m.v.). Kabelskjermen er jordnet ved forsyningsenden, og i den andre enden er kabelskjermen koblet til jord over et gjennomslagsvern. Figuren viser kun skjematisk prinsipp i forbindelse med overspenningsvernene. Se kapittel 6 for ytterligere detaljer vedrørende jording.

- b) For korte kabelføringer (≤ 70 m) (forbigangskabel ved bruer og lignende) kan det være nok med overspenningsvern i ene enden, avhengig av lengde og lokale forhold.
- c) Det skal dokumenteres at kabelen tåler de spenningspåkjenninger som kan oppstå dersom overspenningsvern ikke monteres.

Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse



Figur 7.2 Eksempel på overspenningsbeskyttelse av matekabel, med overspenningsvern og nullpunktssikring / spenningsbegrenser i overgang mellom kabel og kontaktledning, og overspenningsvern i forsyningsenden

3.2.5 Overspenningsvern ved autotransformatorer

- Det skal monteres overspenningsvern ved kabelavgreining fra luftlinje (PL/NL) til autotransformator
 - Dersom kabelen er > 60 meter skal det monteres overspenningsvern i begge ender av kabelen.
- Overspenningsvernene PL-jord og NL-jord kan felles elektrode.

3.3 Krav til overspenningsavledere i lavspenningsanlegg

Avsnittet omhandler vern mot overspenninger fra strømforsyningssiden til teknisk utstyr. Klassebetegnelsen angir hvor stor påkjenning vernene skal testes etter, ref [REN blad 8021] Grovvernet avleder størstedelen av den innkommende overspenningen. Finvernet skal avlede det som slipper forbi grovvernet og ikke dempes i tilledningene.

- Ved valg av overspenningsavledere i lavspenningsanlegg skal de dimensjonerende spenninger gitt i tabell 7.6 følges.
- Grovvern (klasse 1) skal installeres ved avgreining fra everket til Jernbaneverket.
 - Vernene bør dubleres.
- Finvern eller "mellomvern" (klasse 2) skal installeres i hovedfordeling ("omformerrom") ved alle innkommende linjer/kabler.
 - Vernene bør dubleres.
- Finvern (klasse 3) skal installeres i de respektive fordelingsskap for signal-, fjernkontroll- og teleanlegg, se også avsnitt 3.3.1
- Finvernet skal ha minst 5-10 % høyere vernnivå enn grovvernet, mens grovvernet skal ha

Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse

høyest energiopptaksevne.

- f) Vern skal være montert slik at det ikke medfører berøringsfare (IP20) eller skade på annet utstyr.
- g) Det skal ved montering tas hensyn til nødvendig sikkerhetsavstand til annet utstyr, spenningsførende deler eller jord for å hindre overslag ved utblåsninger fra vern som tenner og avleder overspenninger.
- h) Det bør benyttes pluggbare vern med godt synlig varsel ved havari. Vern for spesielt viktige installasjoner bør ha alarmkontakt for fjernavlesning ved defekte vern.
- i) Alarmkontakt bør også monteres for egne sikringer foran overspenningsvern.

Dersom sikringer kobler ut vil ikke vernet fungere, og alarm vil gi beskjed om dette. Det er viktig at eventuelt egne sikringer for overspenningsvern er selektive i forhold til forankoblede sikringer/vern, slik at feil ved overspenningsvern ikke gir utkobling av en hel installasjon.

Tabell 7.7 Dimensjonerende spenninger for valg av avledere i lavspenningsanlegg

	Nominell spenning $U_{n, \text{fase-fase}}$	Støtspennings- holdfasthet U_m ¹⁾	Kontinuerlig driftsspenning U_c , merkespenning U_r ²⁾	Anbefalt avleder- spenning, U_p ³⁾
Kategori 1: El.utstyr med elektronikk (signal/teleanl)	TN 400V TT 230 V IT 230 V ⁴⁾	1500 V	280 V 280 V 320 V eller 420 V	< 1200 V
Kategori 2: El.utstyr (sgna/el.inst)	TN 400V TT 230 V IT 230 V ⁴⁾	2500 V	280 V 280 V 320 V eller 420 V	< 2000 V
Kategori 3: Lavsp.fast opplegg (ledn, stikk, mv)	TN 400V TT 230 V IT 230 V ⁴⁾	4000 V	280 V 280 V 320 V eller 420 V	< 3200 V
Kategori 4: Lavsp.nett	TN 400V TT 230 V IT 230 V ⁴⁾	6000 V	280 V 280 V 320 V eller 420 V	< 4800 V

Noter til tabellen:

- 1) I henhold til [NEK 400], tabell 44B. og [REN blad 8021]
- 2) For lavspenningsanlegg er , $U_c = U_r$ i henhold til [REN blad 8021]. Verdiene oppgitt er den korresponderende fase-jordspenningen, + 10%.
- 3) I henhold til [REN blad 8021] anbefales å bruk en avlederspenning som er 20% lavere enn støtspenningsholdfastheten
- 4) For IT nett anbefales høyere U_c for å ta hensyn til at det kan forekomme overspenning fra enpolit induktive jordfeil

3.3.1 Overspenningsvern for kommunikasjons-og signalutstyr

- a) I tillegg til overspenningsvern på strømforsyningssiden av utstyret skal det monteres egne vern for inn- og utgående kabler og linjer i sikrings-, tele,- og fjernstyringsanlegg som beskrevet i respektive regelverk [JD 5XX].
- b) Generelt bør det monteres overspenningsvern ved terminering av linjer på alle ut- og inngående par for kabelføringer som er:
- forlagt langs jernbanetraseen og er utsatt for induuerte spenninger fra banestrøm
 - tilkoblet utstyr i skap/kapslinger koblet til banestrømmens returkrets (se kapittel 6)
 - koblet til luftstrekke nær termineringssted
 - koblet til utstyr utsatt for lynnedslag (antennemaster og lignende)