

---

Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse

---

<b>1 HENSIKT OG OMFANG .....</b>	<b>2</b>
<b>2 KRAV TIL ISOLASJON .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Høyspenningsanlegg .....</b>	<b>3</b>
2.1.1 Isolasjonsnivå i 15 kV – anlegget .....	3
2.1.2 Isolasjonsnivå i banestrømmens returkrets .....	4
2.1.3 Isolasjonsavstander i bevegelige avspente ledninger og tilhørende utstyr i 15 kV- kontaktleddningsanlegg .....	4
2.1.4 Isolasjonsavstander i fast avspent høyspenningsanlegg .....	5
2.1.5 Krypstrømsvei for isolatorer og brytere .....	5
<b>2.2 Lavspenningsanlegg .....</b>	<b>6</b>
2.2.1 Isolasjonsnivå i lavspenningsanlegg .....	6
2.2.2 Isolasjonsavstander i lavspenningsanlegg .....	6
<b>3 KRAV TIL OVERSPENNINGSBESKYTTELSE .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Overspenningsvern .....</b>	<b>7</b>
3.1.1 Funksjonskrav .....	7
3.1.2 Plassering av overspenningsvern .....	7
<b>3.2 Krav til vernenivå (<math>U_{res}</math>) .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Overspenningsvern på stasjoner og eltekniske hus .....</b>	<b>8</b>
3.3.1 Koordinering mellom grov- og finvern .....	9
<b>3.4 Bruk av overspenningsvern på fri linje .....</b>	<b>9</b>
3.4.1 Jordingsutførelse for overspenningsvern .....	9
3.4.2 Overspenningsvern ved sugetransformator .....	10
3.4.3 Overspenningsvern ved reservestrømstransformator .....	10
3.4.4 Overspenningsvern ved høyspenningskabler .....	11
<b>3.5 Overspenningsvern for kommunikasjons- og signalutstyr .....</b>	<b>12</b>

## 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.

## 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 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 –verdien legges til grunn i dimensjoneringen.

Dersom isolasjonsspenningen for utstyret er referert til generisk norm for isolasjonskoordinering, [EN 60071-1, tabell 2], er nivåene her gitt som fase-fase -verdier. De korresponderende fase-jord -verdiene finnes ved å dividere med  $\sqrt{3}$ . Det vil si at nærmeste standard spenningsnivå som tilfredsstillende 17,25 kV fase-jord, er  $U_m = 36$  kV fase-fase, som tilsvarer 20,8 kV fase-jord.

Dersom isolasjonsspenningen for utstyret er referert til jernbanenormen [EN50124-1] er nivåene gitt som fase-jord –verdier. Nærmeste standard spenningsnivå som tilfredsstillende 17,25 kV fase-jord, er  $U_{Nm} = 24$  kV fase-jord.

- c) Kortvarig ( $t > 60$  s) holdespenning ved driftsfrekvens (effektivverdi) for utstyr og komponenter skal være 70 kV. (tabell 2 i [IEC 60071-], avlest for  $U_m = 36$  kV).
- 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 under lokk på filterimpedanser.
- b) For beskyttelse mot tilfeldig berøring med returledning (luftstrek 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 flerlederledning eller i et system med en-lederledninger, [EN 50264-1].

- c) Isolasjonen for utjevningforbindelser 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-kontaktledningsanlegg

- a) Ved bygging og prosjektering av kontaktledningsanlegg 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 kontaktledningsanlegg skal krav til minimum dynamisk isolasjonsavstand være oppfylt på alle steder ved en kraft på minimum 200 N mellom strømvakter og kontaktråd.
4. Ved bygging/fornyelse av kontaktledningsanlegg i eksisterende tunneler, bruer, snøoverbygg, mv. kan det søkes om dispensasjon fra infrastrukturdirektøren for minimum isolasjonsavstand mellom kontaktråd/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].

**Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse**

- 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.

**2.1.4 Isolasjonsavstander i fast avspent høyspenningsanlegg**

- a) Andre høyspenningsanlegg enn det som er nevnt i avsnitt 2.1.3 skal tilfredsstillere krav til isolasjonsavstander som er gitt i tabell A.3 [EN 50124-1].

**2.1.5 Krypstrømsvei for isolatorer og brytere**

- a) Isolatorer og brytere i faste installasjoner skal ha krypstrømsvei som minst tilfredsstillere [EN 50124-1, avsnitt 6.3.2]. Se tabell 7.1.
- Normen oppgir kravene i [mm/kV]. For 15 kV jernbaneanlegg skal maks kontinuerlig driftsspenning skal legges til grunn ( $U_{\max 1} = 17,25$  kV).

Tabell 7.1      *Minstekrav til krypstrømsvei i henhold til [EN 50124-1, avsnitt 6.3.2]*

<b>Forurensningsgrad</b>	<b>Minimum krypstrømsvei</b>	<b>Minimum krypstrømsvei for 17,25 kV</b>
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

## 2.2 Lavspenningsanlegg

### 2.2.1 Isolasjonsnivå i lavspenningsanlegg

- a) Anlegg, utstyr og komponenter skal bygges slik at isolasjonsnivåene i tabell 7.2 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  $\mu$ s-støt og 8/20  $\mu$ s-støt.

Tabell 7.2 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 reservestrømstransformator
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 7.2 skal isolasjonsavstander i luft være i henhold til tabell 7.3.

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

Tabell 7.3 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 <sup>*)</sup>	5,5	11,5
1.5 kV	0,5 <sup>**)</sup>	5,5	---

<sup>\*)</sup> 1,6mm i PD4,

<sup>\*\*)</sup> 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 7.3.

- 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 7.3.

- 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 3.4.1.

**Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse**

### 3.2 Krav til vernnivå ( $U_{res}$ )

Under forutsetning av at isolasjonsnivået for materiellet tilfredsstillende kravene foran gjelder karakteristiske spenningsdata som vist i tabell 7.4.

Tabell 7.4 Krav til karakteristiske spenningsdata for ulike anlegg.

Anleggs- betegnelse	Maks drifts- spenning	Impuls holdespen- ning ( $U_{Ni}$ )	Anbefalt $U_c$ (eff)	Laveste $U_{res}$	Høyeste $U_{res}$
Kl - anlegg	17.25 kV	> 170 kV	27 kV	29,3 kV	85 kV
lavspennings nett: IT fase-jord IT fase-fase	230 V	> 6 kV	360 V 264 V	390 V	1,1-1,3 kV grovern (1,4-1,5 kV finvern)
lavspennings fast opplegg (ledn, stikk, mv)	230 V	> 4.5 kV	275 V	390 V	1,4-1,5 kV finvern
elektrisk utsyr (signalanl/el-inst)	230 V	> 2,5 kV	385 V	390 V	1,4-1,5 kV finvern
el.utstyr m/elektronikk (signal-/ teleanl)	230 V	> 1,5 kV	385 V	390 V	1,4-1,5 kV finvern

Kommentar til tabell 7.4:

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

Overspenningsvern betegnes ofte med sin merkespenning ( $U_r$ ) eller sin kontinuerlige driftspenning ( $U_c$ ). Ut ifra dette kontrolleres i produktspesifikasjonen hvilken  $U_r$  eller  $U_c$  som gir vernnivå (restspenning) innenfor akseptable verdier.

### 3.3 Overspenningsvern på stasjoner og eltekniske hus

Avsnittet omhandler vern mot overspenninger fra strømforsyningssiden til teknisk utstyr.

- Grovern skal installeres ved avgrensning fra everket til Jernbaneverket.
  - Vernene bør dubleres.
- Finvern eller "mellomvern" skal installeres i hovedfordeling ("omformerrom") ved alle innkommende linjer/kabler.
  - Vernene bør dubleres.
- Finvern skal installeres i de respektive fordelingsskap for signal-, fjernkontroll- og teleanlegg, se også avsnitt 3.5.



### 3.3.1 Koordinering mellom grov- og finvern

Grovverner avleder størstedelen av den innkommende overspenningen.  
Finvernet skal avlede det som slipper forbi grovvernet og ikke dempes i tilledningene.

- a) Finvernet skal ha minst 5-10 % høyere vernnivå enn grovvernet, mens grovvernet skal ha høyest energiopptaksevne.
- b) Vern skal være montert slik at det ikke medfører berøringsfare (IP20) eller skade på annet utstyr.
- c) 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.
- d) Det bør benyttes pluggbare vern med godt synlig varsel ved havari. Vern for spesielt viktige installasjoner bør ha alarmkontakt for fjernavlesning ved defekte vern.
- e) 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.

### 3.4 Bruk av overspenningsvern på fri linje

- a) Det skal monteres overspenningsvern (metalloksidavleder) ved punkter i nettet hvor det kan forventes å opptre skade på utstyr eller kabler som følge overspenninger.  
Som et minimum skal det monteres overspenningsvern ved de stedene som er beskrevet i avsnittene 3.4.2 - 3.4.4 nedenfor.

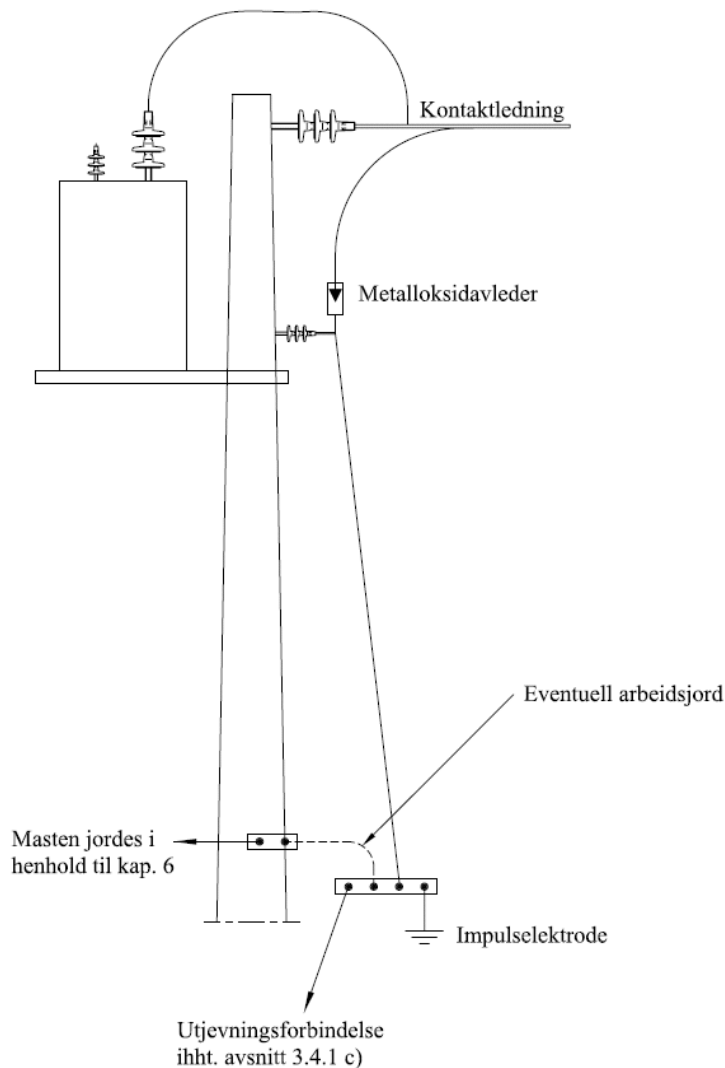
#### 3.4.1 Jordingsutførelse for overspenningsvern

- 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 returrets, utført etter et av følgende alternativer.
  1. Der det er langsgående jordleder kobles utjevningsforbindelsen til denne.
  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.

Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse



Figur 7.1 Overspenningsvern ved sugetransformator, reservestrømstransformator og kabelendemuffe

### 3.4.2 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.

### 3.4.3 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.

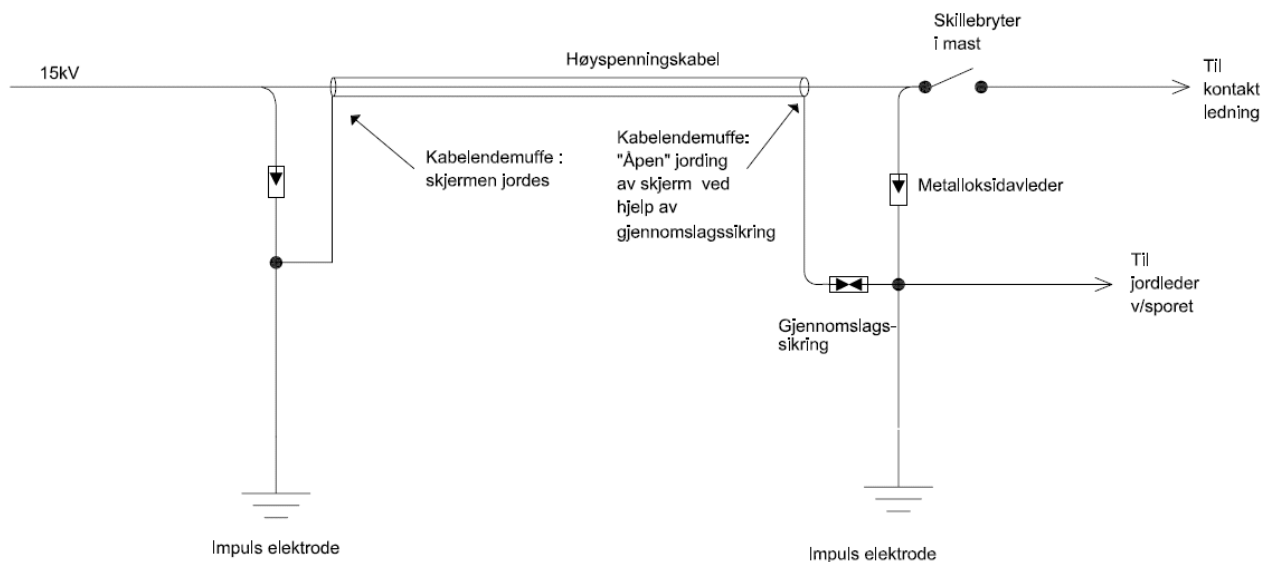
Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse

3.4.4 Overspenningsvern ved høyspenningskabler

- a) Det skal monteres overspenningsvern i begge ender av høyspenningskabler.  
1. For lengre kabler bør det benyttes gnistgap mellom "åpen" skjerm og jord

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

- b) For korte kabelføringer (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.



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

---

**Isolasjonskoordinering og overspenningsbeskyttelse**

---

### **3.5 Overspenningsvern for kommunikasjons- og signalutstyr**

- a) I tillegg til overspenningsvern på strømforsynings siden 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 induerte 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)