

NES NORDISK ELKRAFT SAMARBEJDE	REKOMMANDATION FRA NES – GRUPPEN	R 04 SIDER: 24 BILAG: 0 DATO: 2003.02.02
---	---	--

Isolasjonskoordinering

REFERAT:

Denne rekommandation har til hensigt å sammenligne og medvirke til felles nordiske regler for dimensjonering av komponenter i kontaktledningsanlegget med tanke på isolasjonskoordinering.

Isolasjonskoordinering omfatter valg av isolasjonsnivå, isolasjonsavstander og valg/koordinering av overspenningsavledere og rekommanderer krav til

- Isolasjonsavstander (i luft og kryptstrømsveier)
- Holdfasthetsnivåer (driftsfrekvent og impuls)
- Krav til komponenter som
 - brytere (fraskillere)
 - kabler
 - transformatorer

FORDELINGSPLAN

Nordiske Teknikkdirektører
JBV, BV, RHK og BS

Jernbaneverket
Biblioteket

SAMMENDRAG

Isolasjonsnivå og minste isolasjonsavstand i kl-anlegget

For utstyr i faste installasjoner med $U_N = 15$ kV gjelder krav tilsvarende $U_{Nm} = 36$ kV (referert 3-fase som i EN 60071-1) som igjen betyr $U_{Ni} = 170$ kV (impulsspennning).

For kontaktledningsanlegget for øvrig (isolasjonsavstander) kan det velges U_{Ni} mindre enn 170 kV. Man vil gjennom dette sikre at utstyret tilkoplek kl-anlegget har et høyre isolasjonsnivå enn selve kl-anlegget. Overslag "styres" dermed av kl-anleggets minste isolasjonsavstander i luft og bestemmer nivået for forventet overspenningsnivå i anlegget generelt.

Isolasjonsavstandene i luft for kontaktledningsanlegget bør ikke være mindre enn 270 mm statisk. Mindre avstander enn dette kan gi omfattende problemer med overslag som skyldes fugler/dyr, dersom ytterligere tiltak ikke iverksettes. Med bakgrunn i erfaringer med driftsforstyrrelser anbefales det herved at man for nye anlegg benytter et statisk isolasjonsavstand på minst 270 mm (tilsvarende som for 25 kV-systemer i EN 50119) både i Jernbaneverket og Banverket.

Med erfaring i driftsproblemer med fugler og lignende som kommer mellom kontaktledning og jord bør den statiske avstanden for 15 kV vurderes økt i forhold til anbefalingen i EN 50119. Andelen feil i kl-anlegget som skyldes fugler etc. er stor. "Ukritisk" reduksjon av isolasjonsavstanden ned til 150 mm kan gi dramatisk økning i antall feil i kl-anlegget. Der det er absolutt nødvendig å redusere avstandene under 270 (300 mm) kan det aksepteres ned til 150 mm for områder der fugler og lignende ikke er et problem (eksempelvis tunneller).

For anlegg med en viss beskyttelse mot atmosfæriske overspenninger kan man velge en klasse lavere enn valgt for utstyr i kontaktledningsanlegget. Eksempelvis gjelder dette i innendørs koplingsanlegg (stállverk) i omformerstasjoner og koblingsanlegg tilkoplek kl-anlegget via kabler som gir en viss demping av pulsoverspenninger.

Dagens praksis i både Banverket og Jernbaneverket for denne koplingsanlegg (stállverk) er 125/50 kV (145 kV over åpen bryter) (U_{Ni}/U_a) isolasjonsnivå. Det er for både BV og JBV gode erfaringer med 125/50, og har ingen spesielle problemer knyttet til feil og skader på utstyr i slike anlegg.

Isolatorer

Typiske verdier for krepstrømsvei til isolatorer ligger i området:

Normale betingelser:	24 til 33 mm/kV
Ufordelaktige betingelser:	36 til 40 mm/kV
Ekstremt ufordelaktige betingelser	> 48 mm/kV

Vår tolkning er at vi med de gjeldende forhold i Norden må tilstrebe å minimum tilfredsstillere kravet til ufordelaktige betingelser. Jernbaneverkets krav bør vurderes redusert eller det bør vurderes bruk av kompositt isolatorer.

For seksjonsisolatorer (SI) kan man etter normen (EN 51122) ned til 100 mm for 15 kV og 150 mm for 25 kV isolasjonsavstand i luft.

I Banverket har Elsikkerhetsverket godkjent bruk av SI som skille ved arbeid, med avstander ned til 100 mm. Jernbaneverket har overfor elsikkerhetstilsynet (DBE) foreslått at det i Norge kan tillates ned til 150 mm.

Brytere og fraskillere

For brytere som benyttes som fraskillere i anlegg uten spesiell overspenningsbeskyttelse anbefales:

- Isolasjonsnivå fase jord: Lynimpuls 170 kV, 1 min 50 Hz (våt) 70 kV eller 95 kV
- Isolasjonsnivå over brytergapet: Lynimpuls 195 kV, 1 min 50 Hz (våt) 95 kV eller 110 kV

Kabler

For kabler i 15 kV kl-anlegg er kravene $U_d U(U_{Nm}) = 18/30(36)$ kV.

Transformatorer

Både i BV og JBV gjelder kravet om 170/170 kV isolasjonsnivå på primærsiden for sugetransformatorer (for BV også for autotransformatorer).

For sekundærsiden på sugetransformatorer har BV krav om isolasjonsnivå 40/10 kV. For JBV er kravet 16 kV (1 min.) og ingen krav til impulsspenning.

Hjelpekraft (kun Banverket)

Isolasjonsnivået bør økes til 125/50 kV nivå for apparater/transformatorer og kabler uansett systemspenning. Dette nivået bør gjelde som laveste isolasjonsnivå også for alle installasjoner i nær forbindelse til kl-anleggene der det finnes risiko for galvanisk overslag/kopling mellom systemene [2].

NORDISK ELKRAFTTEKNISK SAMARBEID

Isolasjonskoordinering

Dato: 02.02..2003

Sluttrapport ver. 01

Side: 3 av 24

1	INNLEDNING	4
1.1	Prosjektbeskrivelse	4
1.1.1	Bakgrunn	4
1.1.2	Mandat	4
1.1.3	Prosjektgruppens medlemmer	4
1.2	Rapportens oppbygging	4
2	EN 50124-1 INSULATION COORDINATION – BASIC REQUIREMENTS.....	6
2.1	Status	6
2.2	Innhold	6
2.2.1	Generelt (1).....	6
2.2.2	Basis for isolasjonskoordinering (2)	8
2.2.3	Krav og dimensjoneringsregler for avstander (3)	10
2.2.4	Dimensjoneringsregler for krepstrømsvei (4)	11
2.2.5	Test og målinger (5).....	11
2.2.6	Spesifikke krav (6)	11
2.3	Oppsummering, konklusjon, anbefaling	14
3	EN 50124-2 INSULATION COORDINATION – OVERVOLTAGES AND RELATED PROTECTION.....	17
3.1	Status	17
3.2	Innhold	17
3.2.1	Scope	17
3.2.2	Kontaktledningsnettverk	17
4	NORMER FOR ANDRE VIKTIGE KOMPONENTER	19
4.1	EN 50152-1 og -2 - Brytere og fraskillere.....	19
4.2	Krav til kabler	21
4.3	Krav til transformatorer	21
5	REFERANSER	23
6	STIKKORDSREGISTER	24

1 INNLEDNING

1.1 Prosjektbeskrivelse

1.1.1 Bakgrunn

Høyspenningsanleggene ved elektrisk jernbane (kontaktledning og strømforsyning) er spesielt utsatt for ulike påkjenninger av driftsspenning, koblingsoverspenninger og atmosfæriske overspenninger og skiller seg fra de fleste andre elektriske anlegg ved at anleggets nominelle spenning er mellom fase og jord. Det er derfor uklårheter i hvordan ulike komponenter skal dimensjoneres og hvilke normer og krav som gjelder for dimensjonering av jernbanetekniske installasjoner.

1.1.2 Mandat

Prosjektets hensikt er å se på hvordan de ulike komponenter i jernbanens 1-fase høyspenningsanlegg bør dimensjoneres med tanke på isolasjonsnivå for å sikre en optimal og sikker drift av anleggene. Hvilke normer og krav gjelder for ulike komponenter og installasjoner. Komponenter som må undersøkes nærmere er transformatorer, kabler, (ledninger), isolatorer og brytere (lastbryter og fraskillere). Målet er å komme fram til hvilke grenseverdier, kontinuerlige-, temporære- og impuls-spenninger, som de ulike komponenter må tåle, samt hvordan de ulike anlegg og komponenter bør og kan beskyttes mot overspenninger ved hjelp av jording og overspenningsbeskyttelse (overspenningsavledere, gnistgap m.v.).

Prosjektet skal kartlegge og vurdere de ulike retningslinjer for isolasjonskoordinering i de ulike forvaltningene, og utarbeide forslag til felles retningslinjer for teknisk regelverk og tekniske spesifikasjoner for utstyr og komponenter. Dette vil kunne gi bedre og billigere produkter ved bygging og vedlikehold av kontaktlednings- og strømforsyningsanlegg.

1.1.3 Prosjektgruppens medlemmer

Prosjektgruppen besto fra starten av:

- Markku Piironen, ELECTRIC RAILS LTD (Representant for Baneforvaltningssentralen, RHK)
- Bengt Rusk, Banverket Huvudkontoret
- Magne Nordgård, Jernbaneverket Hovedkontoret

Markku Piironen trakk seg ut av arbeidet da han sluttet i ELECTRIC RAILS.

Innholdet i rapporten er derfor sterkt relatert til 15 kV, 16²/₃ Hz anlegg, men noen punkter vedrørende 25 kV, 50 Hz er også belyst.

1.2 Rapportens oppbygging

En lang rekke normer, både generelle og for jernbaneanlegg spesielt, omhandler emnet isolasjonskoordinering.

Av disse normen er EN 50124 mest sentral. Den omhandler isolasjonskoordinering for jernbane og henviser i stor grad til de andre aktuelle normene, eller motsatt at andre aktuelle normer henviser til denne.

Vi har derfor valgt å behandle denne normen grundig, med en gjennomgang av relevante punkter, supplert med våre egne tolkninger der dette er nødvendig, samt at vi tar inn tolkninger og vurderinger fra andre aktuelle normer på de steder der det er naturlig.

Det er i utgangspunktet fokusert mest på isolasjonskoordinering i selve kontaktledningsanlegget med tilhørende komponenter (transformatorer, kabler, brytere (lastbryter og fraskillere) og isolatorer.

Teksten videre i denne rapporten består i stor grad av tekst hentet direkte fra normene. Vi har derfor valgt å sette inn våre egne kommentarer, suppleringer, tolkninger, vurderinger etc med kursiv (skråstilt) tekst og markert med en loddrett strekk i venstre marg.

Tekst hentet fra normene er markert med gjeldende avsnittsnummer (i parentes)

2 EN 50124-1 INSULATION COORDINATION – BASIC REQUIREMENTS

Railway applications – Insulation coordination Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment

2.1 Status

Vedtatt som endelig norm mars 2001.

Kommentar: Akseptert som norsk norm NEK EN 50124-1 og svensk standard SS-EN 50124-1 i 2001.

2.2 Innhold

Sammen med EN 50124–2 tillater denne normen at man kan ta hensyn til fordelene ved bruk av overspenningsbeskyttelse når isolasjonsavstander skal dimensjoneres.

2.2.1 Generelt (1)

(1.1) Omfang

- Utstyr i signalanlegg, rullende materiell (rolling stock) og faste installasjoner
- Isolasjonskoordinering dreier seg om valg av, dimensjonering og korrelasjonen av isolasjon både inne i og mellom elementer på utstyret. Ved dimensjonering av isolasjon må det tas hensyn til elektrisk påkjenning og miljømessige forhold.
- En av hensiktene med isolasjonskoordinering er å unngå unødvendig overdimensjonering av isolasjonen.
- Denne standarden spesifiserer:
 - krav til avstander og krypstrømsveier for utstyr
 - generelle krav til tester vedrørende isolasjonskoordinering

Betegnelsen "utstyr" står i sammenheng med en "seksjon" (se pkt. 1.3.1.3): Seksjon: Del av en elektrisk krets som har sin egen spenningsklasse for isolasjonskoordinering. Seksjon faller inn under to kategorier

- jordet seksjon: en seksjon koblet til jord eller vognkassen gjennom en varig forbindelse/krets
- flytende seksjon: en seksjon isolert fra jord eller vognkassen

Note 1: En seksjon kan være under elektrisk påvirkning fra tilstøtende/nærliggende seksjoner

Note 2: Et bestemt punkt på en krets kan bli betraktet som en seksjon

Begrepet "utstyr" kan anvendes på et system, et sub-system, et apparat, en del av et apparat, eller en fysisk realisering av en ekvipotensial linje.

Produktstandarder må stille seg på siden av/slutte seg til denne generiske standarden, men kan trenge, med begrunnelse, andre krav på grunn av sikkerhet og/eller tilgjengelighet etc.

eksempelvis for signalanlegg (se spesielt EN 50129), og/eller spesifikke driftsforhold for utstyret selv, eksempelvis for kontaktledninger EN 50119.

(1.2) Normative referanser i dokumentet:

Norm	Tema	Kommentar
EN 50119	Kontaktledning	Enkelte punkter kommentert
EN 50121-1 til -5	EMC	Ikke behandlet spesielt
EN 50163	Spenninger jernbane	Enkelte

NORDISK ELKRAFTTEKNISK SAMARBEID

Isolasjonskoordinering

Dato: 02.02..2003

Sluttrapport ver. 01

Side: 7 av 24

		<i>kommentarer</i>
EN 60507	Kunstig forurensning – tester på HV-isolatorer i AC-systemer	<i>Ikke behandlet spesielt</i>
EN 60529	Gradering av kapslinger, IP-grad	<i>Ikke behandlet spesielt</i>
EN 60947-1	LV bryterutstyr og betjeningsutstyr	<i>Ikke behandlet spesielt</i>
IEC 60060-1	HV test teknikker	<i>Ikke behandlet spesielt</i>
IEC 60112	Faste isolasjonsmaterialer	<i>Ikke behandlet spesielt</i>
IEC 60587	Isolasjonsmaterialer i hardt miljø	<i>Ikke behandlet spesielt</i>
IEC 60664-1	Isolasjonskoordinering for utstyr i LV-systemer	<i>Ikke behandlet spesielt</i>
IEC 61245	Kunstig forurensning – tester på HV-isolatorer i DC-systemer	<i>Ikke behandlet spesielt</i>

Kommentar: *I tillegg er det sett på noen andre normer som igjen viser tilbake til EN 50124.*

EN 50152 – 1 og –2	Railway applications - Fixed installations – Particular requirements for AC switchgear Part 1: Single-phase circuit-breakers with U_m above 1 kV, Part 2: Single-phase disconnectors, earthing switches and switches with U_m above 1 kV.	<i>Eget avsnitt</i>
---------------------------	---	---------------------

(1.3) Definisjoner:

- (1.3.2.1) Nominell spenning $-U_n$
- (1.3.2.2) Driftsspenning – høyeste rms. spenning som kan opptre mellom to punkt over hvilkensom helst isoalsjon, der alle kretser som kan påvirke denne rms. verdien blir forsynt med sin maksimale kontinuerlig/permanente spenning (over 5 min.)
- (1.3.2.4) U_{Nm} – nominell isolasjonsspenning, rms. spenning, permanent (over 5 min.) holdfasthetsevne til isolasjonen.

Noter: I jernbanesystemer er denne betegnelsen foretrukket fremfor "highest voltage for equipment" som er vanlig i internasjonale standarder. U_{Nm} er høyere enn eller lik U_{max1} (EN 50163; 17,25 kV for 15 kV-systemer og 27,5 kV for 25 kV-systemer),

Kommentar: Her er det spesielt viktig å merke seg at spenninger i jernbanesystemer er fase – jord, i motsetning til vanlig 3-fase der spenning er referert fase – fase.

- (1.3.2.5) Toppverdien av driftsspenning (working peak voltage): Høyeste spenning som kan opptre over hvilken som helst isolasjon i drift
- (1.3.2.7) U_{Ni} – nominell impuls spenning – må være høyere enn den høyeste (peak-verdi) forekommende spenning i drift.
- (1.3.3) Overspenninger – i motsetning til i IEC 60664-1 defineres her tider for ulike spenninger som i EN 50163:
 - Lang varighet (Long-term) 20 ms til 2s – temporære overspenninger
 - Middels varighet (Medium-term) 20 μ s til 20 ms – transiente overspenninger
 - Kort varighet (Short-term) mindre enn 20 μ s – lynimpuls overspenninger

- (1.3.4.1) Funksjonell isolasjon – isolasjon mellom spenningsatte deler nødvendig for riktig funksjon.
- (1.3.4.2) Basisisolasjon – isolasjon på spenningsatte deler for beskyttelse mot berøring.
- (1.3.4.3) Tilleggsisolasjon – uavhengig isolasjon i tillegg til basisisolasjon for beskyttelse mot berøring ved feil på basisisolasjonen.
- (1.3.4.4) Dobbel isolasjon – både basis- og tilleggsisolasjon
- (1.3.4.5) Forsterket isolasjon – enkel isolasjon på spenningsatte deler som gir samme beskyttelse mot berøring som dobbel isolasjon.

2.2.2 Basis for isolasjonskoordinering (2)

Isolasjonskoordinering betyr underforstått valg av karakteristikk for den elektriske isolasjonen for utstyret med tanke på bruken og i forhold til omgivelsene.

(2.1.1.2) Isolasjonskoordinering med tanke på spenninger.

Hensyn må tas til:

- spenninger som kan forekomme i systemet
- spenninger generert av utstyret
- grad av forventet tilgjengelighet for utstyret
- sikkerhet for personer og eiendom slik at sannsynligheten for uønskede hendelser som skyldes spenningspåkjenninger ikke leder til uakseptabel risiko eller skade
- sikkerhet for funksjoner for styring/kontroll og beskyttelse
- induserte spenninger i langsgående kabler
- fasong på isolasjonsoverflater
- orienteringen og plasseringen av krepstrømsavtsander

(2.1.1.1) Isolasjonskoordinering med tanke på permanente spenninger

Baseres på:

- nominell spenning
- nominell isolasjonsspenning, U_{Nm}
- driftsspenning

(2.1.1.2) Isolasjonskoordinering med tanke på transiente spenninger

Baseres på styrte overspenningsforhold

1. Fast/naturlig styring: forholdene/karakteristikken til det elektriske systemet forventes å begrense de forventede transiente overspenninger, EKSEMPEL: Overslag på isolatorer eller gnistgap

2. Vernende/beskyttende styring: forutsetter at men innenfor systemet konstruerer/benyttter overspennings svekkende midler som forventes å begrense transiente overspenninger, EKSEMPEL: Filtre i lokomotiver

Note 1: I store systemer (som kontaktledningsnett) benyttes statistiske metoder.

Note 2: Sannsynlighetsanalyser er anbefalt for å bestemme om naturlig styring finnes, og om beskyttende styring er nødvendig.

Note 3: "Overspennings svekkende midler" kan være utstyr som kan ta opp og lagre eller forbruke energien, og under bestemte forhold være i stand til å lede bort energien fra overspenninger på stedet

(2.1.2) Isolasjonskoordinering med tanke på forurensning

Skal ta hensyn til "micro-miljøet" som vil være avhengig av "macro-miljøet" (ofte like)

Micro-miljøet kan bedres med bruk av kapslinger, men kan også forverres (eksempel: varme, ventilasjon og støv)

NORDISK ELKRAFTTEKNISK SAMARBEID

Isolasjonskoordinering

Dato: 02.02..2003

Sluttrapport ver. 01

Side: 9 av 24

(2.2) Spenninger og spenningsberegning/vurdering

Verdiene her verdier som "kreves" for en bestemt bruk. Disse verdien er forskjellige fra nominelle verdier bestemt av produsenter av et produkt.

(2.2.1) Nominell isolasjonsspenning U_{Nm}

Minimum U_{Nm} må være lik høyeste driftsspenning i seksjonen, eller spenning som skyldes tilstøtende seksjoner.

Det kan være nødvendig å ta hensyn til temporære overspenninger (langvarige, men kortere enn 5 minutter, eksempelvis U_{max2} definert i henhold til EN 50163), avhengig av intervallene mellom slike påkjenninger.

(2.2.2) Nominell impulsspenning, U_{Ni}

Metode 1 – Basert på nominell isolasjonsspenning og overspenningskategorier.

Annex D viser forholdet mellom nominell isolasjonsspenning og nominell spenning for jernbanesystemer, dvs.:

U_n [kV]	Minimum U_{Nm}	
	Rullende materiell	Faste installasjoner
15	17,25	
15	24 ^{*)}	36 ^{*)}
25	27,5	
25	36 ^{*)}	52 ^{*)}

*) Referert til U_m for 3-fase systemer ifølge IEC 60071-1.

I tillegg benyttes 4 overspenningkategorier OV1, OV2, OV3 og OV4

OV1: Kretser beskyttet mot eksterne og interne overspenninger, der kun svært lave overspenninger kan oppstå fordi de er:

- ikke koblet til kontaktledningen
- kun betjent innendørs
- inne i et utstyr eller innretning

OV2: Som OV1, men tøffere overspenninger og/eller høyere krav til sikkerhet og pålitelighet

OV3: Som OV4, men laver overspenninger og/eller mindre strenge krav til sikkerhet og pålitelighet

OV4: Kretser som ikke er beskyttet mot eksterne eller interne overspenninger, eksempelvis direkte koblet til kontaktledning eller utvendige linjer, og som kan bli utsatt for lyn- og koblingsoverspenninger.

Kommentar: Kontaktledningsanlegg vil alltid komme i kategori OV4.

Metode 2. U_{Ni} minst lik (working peak voltage) i seksjonen eller produsert av tilstøtende seksjoner.

(2.5) Forurensning

7 ulike forurensningsklasser PD1 til PD4B. Tabell A.4 gir en definisjon av disse, se under:

Table A.4 — Definition of pollution degrees

	Dust deposit	Humidity
PD1	- no pollution - non-conductive - well protected	- dry - no condensation
PD2	- non-conductive - protected - temporary conductivity caused by condensation	- rare, short temporary condensation
PD3	- low conductivity (caused by condensation)	- frequent condensation
PD3A	- low conductivity	- damp - long time condensation
PD4	- occasionally conductive with periodic cleaning	- rain, snow, ice, fog
PD4A ⁽¹⁾	- occasionally conductive coming from heavy pollution	- rain, snow, ice, fog
PD4B ⁽²⁾	- occasionally conductive coming from very heavy pollution	- rain, snow, ice, fog
(1) Fixed installations and track side equipment e.g. for signaling (2) Fixed installations only		
NOTE: This table is cited in 2.3 and Table A.3		

Kommentar: For kontaktledningsanlegg vil man i Norden alltid komme i PD4.

(2.6) Isoasjonsmaterialer

Standarden anbefaler bruk av Comparative Tracking Index (CTI). Fire material grupper (IEC 60112).

2.2.3 Krav og dimensjoneringsregler for avstander (3)

(3.1) Generelt

Isolasjonsavstanden skal dimensjoneres for å motstå de spenninger det refereres til i 3.1, der det tas hensyn til alle parametre som kan bryte ned isolasjonen i hele utstyrets levetid.

(3.2) Minstekrav til avstander

(3.2.1) Funksjonell isolasjon (*driftsisolasjon mellom spenningsatte deler*)

Krav til avstander som vist i tabell A.3 basert på nominell impuls-spenning.

Mindre avstander kan tillates, eksempelvis ved homogene felt. Reduserte avstander skal tåle den ønskede U_{Ni} , og skal verifiseres ved tester, med testspenninger lik U_i eller U_{AC}/U_{DC} i tabell A.8.

Kommentar: Det betyr at dersom det for $U_{Ni}=170$ kV kreves 310 mm i henhold til A.3, men det eksempelvis kun kan oppnås 260 mm er, skal test gjennomføres med spenninger for 310 mm i tabell A.8, dvs. $U_i=166$ kV (1,2/50 μ s) testspenning.

(3.2.2) Basis- og tilleggsisolasjon

Minimumsavstander basert på U_{Ni} skal følge tabell A.3. Mindre avstander er ikke tillatt.

Kommentar: Dvs. at isolasjonsavstander til jord på utstyr ikke skal være mindre enn verdiene i tabell A.3.

(3.2.3) Forsterket isolasjon

Må dimensjoneres for $U_i = 1,6 \times U_{Ni}$ for basisisolasjon.

(3.3) Eventualiteter/uforutsett

Høyere verdier enn U_{Ni} kan være nødvendig som følge av for eksempel (ref EN 50121):

- atmosfæriske forhold, spesiell forurensingsrisiko, stor fuktighet
- ioniserte omgivelser
- installasjonsforhold
- koblinger/forbindelser
- sikkerhet for mennesker
- variasjoner ved produksjon og vedlikehold
- aldring
- feilsituasjoner og andre spesielle situasjoner
- bevegelse og elektromekaniske forhold
- høyder over 2000 m
- bakterier, biologiske og kjemiske forhold

2.2.4 Dimensjoneringsregler for krepstrømsvei (4)

Krav til krepstrømsvei i mm og mm/kV er gitt i tabellene A.5, A.6 og A.7. Krepstrømsveien skal ikke være mindre en isolasjonsavstanden gitt i tabell A.3.

Kommentar: For anlegg med $U_{Ni} = 170$ kV betyr dette minst 310 mm. Dette er normalt ikke problematisk i kl-anlegg (isolatorer se avsnitt under).

Ved forsterket isolasjon skal U_{Nm} være to ganger U_{Nm} for basisisolasjonen.

2.2.5 Test og målinger (5)

Måling av isolasjonsavstander og krepstrømsveier skal utføres som beskrevet i annex C.

Dersom det ikke er mulig å måle avstandene eller avstandene er mindre enn angitt i normen skal det gjøres tester for å verifisere isolasjonsnivået. Det foretrekkes impulsspenningsstest (U_I), alternativt kan benyttes driftsfrekvent (50 Hz) spenningsstest (U_{AC}), eller med DC-test der avstandene er shuntet av kapasitanser.

Testene foretas i henhold til IEC 60060-1, (prosedyre A for impulstest), med verdier for U_I , U_{AC} og U_{DC} som gitt i tabell A.8.

For test av 310 mm (for 170 kV) gir A.8 følgende verdier $U_I = 166$ kV, $U_{AC} = 90$ kV og $U_{DC} = 127$ kV.

2.2.6 Spesifikke krav (6)

Det er kjent at visse krav kan være mer spesifikke eller til og med avvike fra normale krav (vist til i avsnittene 2, 3, 4 og 5 i normen), forutsatt at de benyttes i begrensede områder med støtte av tekniske eller økonomiske årsaker.

(6.3) Spesifikke krav til faste installasjoner

U_{Ni} bestemmes ved metode 1 (nominelt isolasjonsnivå og overspenningskategorier)
OV2 og OV3 gjelder for anlegg tilkoblet kl-anlegget slik som effektbrytere og fraskillere, men mindre utsatt for lynoverspenninger eller med en viss innebygd beskyttelse.
OV4 for anlegg under spesielt utsatte betingelser.

Kommentar: Som tidligere nevnt mener vi at komponenter direkte tilkoplede til kl-anlegget er svært utsatt for lynoverspenninger og bør defineres under OV4.

NORDISK ELKRAFTTEKNISK SAMARBEID

Isolasjonskoordinering

Dato: 02.02..2003

Sluttrapport ver. 01

Side: 12 av 24

For fraskillere skal kravene til U_{Ni} økes med inntil 25% av hensyn til sikkerhet ved arbeid.

(6.3.1.2) Kontaktledningsanlegg

Kontaktledningsanlegget betraktes som anlegg med "naturlig" kontroll (inherent control). Nominelt isolasjonsnivå baseres på statistiske data og risiko vurderinger og U_{Ni} kan velges utfra foretrukne verdier i tabell A.2. uten å ta hensyn til sammenhengen med U_{Nm} og OV-klasse i tabellen.

Table A.2 — Rated impulse voltages (U_{Ni}) for circuits powered by the contact line

Not to be used in Method 2.

Rated insulation voltage a.c. or d.c. U_{Nm} (kV)		Rated impulse voltage U_{Ni} (kV)			
From (≥)	Up to (<)	OV1	OV2	OV3	OV4
17,25 ⁽¹⁾				75	85
24 ⁽²⁾				95	125
27,5 ⁽¹⁾				125	170
17 ⁽³⁾				95	125
24 ⁽³⁾				145	170
27,5 ⁽³⁾				170	200
36 ⁽³⁾				200	250
52 ⁽³⁾				250	325

(1) for rolling stock only
 (2) for fixed installations only
 (3) for special cases of switching arrangements in fixed installations.

NOTE: This table is cited in 2.2.2.1 and 6.3.1

Kommentar: Tabell A.2 (se utdrag over) avviker fra andre normer ved at det benyttes $U_{Nm} = 17$ kV for faste installasjoner, her burde være 17,25 kV i henhold til definisjon i avsnitt (1.3), eller 17,5 i henhold tabell Z1 i EN 50151-1 om brytere).

I tabell D.1 benyttes $U_{Nm} = 36$ kV (ref. 3-fase) for $U_n = 15$ kV i faste installasjoner (ref IEC 60071-1).

Tabell A.3 er beregnet med tanke på verste tenkelige dielektriske forhold for elektroder. I kontaktledningsanlegg er det vanlig med andre forhold og isolasjonsavstandene i kontaktledningsanlegg tillates å avvike fra tabell A.3 for $U_{Ni} \geq 95$ kV (se utdrag fra tabell A.3 under).

Table A.3 — Minimum clearances in air (in mm) based on the rated impulse voltage U_{Ni}

U_{Ni} (kV)	PD1	PD2	PD3	PD3A	PD4	PD4A	PD4B
------------------	-----	-----	-----	------	-----	------	------

NORDISK ELKRAFTTEKNISK SAMARBEID

Isolasjonskoordinering

Dato: 02.02..2003

Sluttrapport ver. 01

Side: 13 av 24

75	120	135	145	150
95	160	175	180	185
125	210	230	235	235
145	260	265	270	270
170	310	310	310	310
200	370	370	370	370
250	480	480	480	480
325	600	600	600	600
<p>NOTE 1 For contact links, see 6.2.1.2</p> <p>NOTE 2 For definition of U_w, see 1.3.2.7. For definition of PD1...PD4B, see 2.5, Table A.4, annex E.</p> <p>NOTE 3 This table does not apply to roof installations in riling stack (see 6.2)</p> <p>NOTE 4 Interpolation between adjacent values of the table is permitted, but the values of the first column are preferred values (see 2.1.1.2)</p> <p>NOTE 5 This table is cited in 2.1.1.2, 3.2.1, 3.2.2, 4.1, 5.1, 5.3.1.2, Table A.7 and B.2.1</p>				

EN 50119 som tillater ned mot 100 mm dynamisk og 150 mm statisk for 15 kV-anlegg, og tilsvarende 150 og 270 mm for 25 kV-anlegg.

Se videre våre kommentarer under 2.3 nedenfor.

(6.3.2) Avstander for utendørs isolatorer

Dimensjonering av kryptstrømsavstander for isolatorer avhengig av forurensningskategori er som følger:

Normale betingelser:	24 til 33 mm/kV
Ufordelaktige betingelser:	36 til 40 mm/kV
Ekstremt ufordelaktige betingelser	> 48 mm/kV

Noter til dette (tillegg/avvik fra EN 50151 i parentes)

Normal = lav industriforurensning, lav befolkningstetthet og ingen dieseltrafikk på strekningen.
Ufordelaktige = høy industriforurensning, tettbygd område (høy befolkningstetthet, *store byområder*), blandet jernbanedrift - både diesel og elektrisk (forurensning fra veitrafikk og ofte tåke).

Ekstremt = høy industriforurensning og nærhet til hav med ofte forekommende tåke (*saltholdig tåke*).

Kommentar: Vår tolkning er at vi med de gjeldende forhold i Norden må tilstrebe å minimum tilfredsstillende kravet til ufordelaktige betingelser.

Dagens praksis i Banverket (for stavisolatorer til utliggere i kl-anlegg) er minimum 680 mm som tilsvarer 39,4 mm/kV for 17,25 kV. For eldre anlegg bygd med porselensisolatorer av "pinntyp" varierer isolatorenes kryptstrømsvei mellom 520 og 760 mm avhengig av alder, type og fabrikat. For kompositisolatorer oppfylles kravet til ekstreme betingelser, dvs. mer enn 828 mm for 17,25 kV, og er i realiteten 1000 mm eller mer avhengig av type. Isolasjonsavstanden (for overslag) skal tilfredsstillende kravet til 310 mm.

I Jernbaneverket er kravene (for nye anlegg hentet fra IEC 60815)

- Kryptstrømsvei, kl III, min.: 742 mm (43mm/kV)
- Kryptstrømsvei, kl IV (tunnel / kulvert), min.: 932 mm (54 mm/kV)

Disse kravene kan virke noe for høyt, spesielt sammenlignet med at det også kun benyttes glassisolatorer. Det bør i Norge vurderes enten å endre kravene tilsvarende normens krav

"ufordelaktige betingelser" dvs. i området 36 til 40 mm l_{KV} (621 – 690 mm for 17,25 kV), eller å vurdere bruk av komposittisolatorer.

For seksjonsisolatorer (SI) kan man tillate reduserte isolasjonsavstander i luft i henhold til EN 50122-1 (Pkt 10 Means of achieving safe isolation). Det tillates der ned til 100 mm for 15 kV og 150 mm for 25 kV, med begrunnelse i krav til seksjonsisolatorens dynamiske egenskaper.

I Banverket har Elsikkerhetsverket godkjent bruk av SI som skille ved arbeid, med avstander ned til 100 mm. JBV har overfor foreslått at det i Norge kan tillates

JBV har i utgangspunktet krevd at SI skal ha samme krav til isolasjonsavstander som fraskillere (skillebrytere) (ca 25 % høyere U_{Ni} og U_a), men dette kravet er vanskelig å oppfylle. Det er inngått avtale med leverandør om levering av SI til JBV med 220 mm isolasjonsavstand. Dette er det samme som gjeldende krav i norske forskrifter.

Avstander ned til 100 mm er det samme som minste statiske isolasjonsavstand tillatt i EN 50119 for 15 kV anlegg.

2.3 Oppsummering, konklusjon, anbefaling

For utstyr i faste installasjoner med $U_N = 15$ kV gjelder krav tilsvarende $U_{Nm} = 36$ kV (referert 3-fase EN 60071-1) som igjen betyr $U_{Ni} = 170$ kV (impulsspenning) i OV4.

Dette velges for utstyr utendørs i forbindelse med kontaktledningen og er i henhold til dagens tekniske regelverk ved Jernbaneverket og Banverket.

For kontaktledningsanlegget for øvrig (isolasjonsavstander) bør kan det velges U_{Ni} mindre enn 170 kV. Man vil gjennom dette sikre at utstyret tilkoplede kl-anlegget har et høyere isolasjonsnivå enn selve kl-anlegget. Overslag "styres" dermed av kl-anleggets minste isolasjonsavstander i luft og bestemmer nivået for forventet overspenningsnivå i anlegget generelt.

Kommentar: Dagens praksis i Banverket er å etterstrebe minst 300 mm statisk isolasjonsavstand i luft. Der avstanden ikke kan oppnås (eksempelvis ved "kunstbyggverk" som bruer, tunneler, kulverter etc.) er det benyttet tiltak som tilleggsisolasjon (Line Cover) og "brennskydd" på bæreline (forsterkning av linjen). Avstanden er likevel aldri vært tillatt under 200 mm.

Gjennom grundige analyser av driftsforstyrrelser har Banverket kunnet konstatere at en betydelig del av de driftsforstyrrelser (med togforsinkelse) som inntreffer i kl-anleggene, er forårsaket av dyrlfugler. Denne type forstyrrelser leder ofte til brudd på bæreline på grunn av overslag og inntreffer som regel ved eldre typer av kontaktledningsanlegg der bærelinen er montert over åket. For å unngå slike forstyrrelser gjøres tiltak i form av tilleggsisolasjon på bærelina (Line Cover) og montasje av "fuglevern" som forhindrer fugler å bevege seg på åket under bærelina.

I Jernbaneverket er dagens praksis for nye anlegg å følge kravene i IEC 60913 for 25 kV, dvs. 270 mm statisk og 170 mm dynamisk. For eksisterende baner har kravet i lengre tid vært 250/150 mm i henhold til samme standard. Bakgrunnen for valget av 25 kV er Jernbaneverkets vedtak om at nye baner skal bygges med tanke på enkel overgang til 25 kV, 50 Hz strømforsyning. Dette vedtak følges foreløpig inntil TSI for konvensjonelle baner er ferdig utarbeidet, og dermed EU's krav til slike anlegg er bestemt, og endelig avklaring rundt 25 kV kan skje.

NORDISK ELKRAFTTEKNISK SAMARBEID

Isolasjonskoordinering

Dato: 02.02..2003

Sluttrapport ver. 01

Side: 15 av 24

De minste avstander som dermed finnes i dagens kl-anlegg både i Sverige og Norge gir et forventet isolasjonsnivå (ref. tabell A.3) i størrelsesorden 95 – 125 kV. Med valg av $U_{Ni} = 170$ kV for tilkoplede utstyr har man god beskyttelse for dette utstyret.

Som tidligere nevnt bør Jernbaneverkets krav til isolatorer vurderes. Dersom isolatorene blir større øker også den forventede påkjenningen på utstyret. I [1] er det vist til at sannsynligheten for overslag over isolatorene er svært stor ved lynoverspenninger og isolatorenes isolasjonsholdfasthet er avgjørende for spenningspåkjenningen i anlegget. Ved økte krav til isolatorene vil påkjenningen på anlegget for øvrig også øke.

Dersom EN 50119 legges til grunn for isolasjonsavstander gjelder krav som vist under:

Table 9 — Electrical clearances

Voltage	Recommended clearances	
	Static mm	Dynamic mm
DC 750 V	100	50
DC 1,5 kV	100	50
DC 3,0 kV	150	50
AC 15 kV	150	100
AC 25 kV	270	150

Kravene kan både reduseres og økes avhengig av flere faktorer som; luftfuktighet, omgivelsestemperatur, lufttrykk, relativ lufttetthet og form/type material for både spenningsatte og jordede deler. Hvert tilfelle med endring av avstander må vurderes spesielt.

Kravene til isolasjonsavstand skal økes i forurensede omgivelser. (EN 50119, 5.2.10). Ulike krav til avstander for dynamiske og statiske tilfeller, forklares med bakgrunn i sannsynlighet framfor fysiske betingelser. For eksempel er det lite sannsynlig at man får en overspenning samtidig med at en strømvtager passerer et kritisk punkt i en tunnel. For dette dynamiske tilfellet kan derfor en mindre avstand tillates.

Kommentar: 150 mm statisk avstand kan aksepteres dersom det alltid kan garanteres at den dynamiske minimumsavstanden aldri blir mindre enn 100 mm. Det må da tas hensyn til alle dynamiske parametre slik som; all tenkelig forskyvning av kontaktledningsanlegget, det rullende materiellets dynamiske egenskaper, sporets dynamiske egenskaper etc.).

Med erfaring i driftsproblemer med fugler og lignende som kommer mellom kontaktledning og jord bør den statiske avstanden for 15 kV vurderes økt i forhold til anbefalingen i EN 50119. Andelen feil i kl-anlegget som skyldes fugler etc. er stor. "Ukritisk" reduksjon av isolasjonsavstanden ned til 150 mm kan gi dramatisk økning i antall feil i kl-anlegget. Der det er absolutt nødvendig å redusere avstandene under 270 (300 mm) kan det aksepteres ned til 150 mm for områder der fugler og lignende ikke er et problem (eksempelvis tunneller).

For anlegg med en viss beskyttelse mot atmosfæriske overspenninger kan man velge en klasse lavere enn valgt for utstyr i kontaktledningsanlegget. Eksempelvis gjelder dette i innendørs koplingsanlegg (stallverk) i omformerstasjoner og koblingsanlegg tilkoblede kl-anlegget via kabler som gir en viss demping av impulsive overspenninger.

NORDISK ELKRAFTTEKNISK SAMARBEID

Isolasjonskoordinering

Dato: 02.02..2003

Sluttrapport ver. 01

Side: 16 av 24

Dagens praksis i både Banverket og Jernbaneverket for denne koplingsanlegg (st llverk) er 125/50 kV (145 kV over åpen bryter) (U_N/U_B) isolasjonsnivå. Det er for både BV og JBV gode erfaringer med 125/50, og har ingen spesielle problemer knyttet til feil og skader på utstyr i slike anlegg.

I BV finnes det pr. dato ingen overspenningsvern i 15 kV anlegg (Unntak: Nye AT-anlegg.). I JBV er det innført krav (ca 1998) om bruk av overspenningsvern ved transformatorer og kabler i kl-anlegget og det finnes etter hvert en del overspenningsvern montert. Det er hittil ikke registrert spesiell driftsproblemer som kan knyttes til monterte overspenningsvern.

3 EN 50124-2 INSULATION COORDINATION – OVERVOLTAGES AND RELATED PROTECTION

Railway applications – Insulation coordination Part 2: Overvoltages and related protection.

3.1 Status

Utgitt som endelig norm mars 2001. (Svensk Standard SS-EN 50124-2, utgave 1, 2001-06-29.)

3.2 Innhold

3.2.1 Scope

Normen gjelder for:

- Faste installasjoner (etter transformator i omformer/understasjon) og rullende materiell koblet til kontaktledningen for et av systemene definert i EN 50163.
- Utstyr i rullende materiell koblet til gjennomgående togkabel.

3.2.2 Kontaktledningsnettverk

Utstyr som ikke er beskyttet av MOA (metalloksydavleder = MOA) må dimensjoneres i henhold til den spesifikke isolasjonen for kontaktledningen og mulige forekomst av andre typer avledere eller gnistgap.

For utstyr der leverandør ønsker å benytte MOA skal leverandøren utføre simuleringer over hvordan overspenningsbeskyttelsen virker og hvordan den sammen med utstyret påvirker beskyttelsen. Utstyret skal motstå en puls som definert i tabell 1.

Table 1 – Values of the reference voltage U_p

Network according to EN 50163	U_p (kV)
25 kV	100
15 kV	60
3 kV	12
1.5 kV	6
750 V	4

NOTE The values of U_p take into account the values of U_{res} as given in EN 60099-1 and -4 and/or U_p as given in EN 50123-5. But they relate to a theoretical arrester for simulation purposes only, and present no direct link to U_{res} of EN 60099-1 and -4 and/or U_p of EN 50123-5.

Simulering av lang puls betyr en trapesformet spenningspuls med varighet 2 ms med amplitude 70 % av U_p . Pulsen skal påtrykkes utstyret uten bruk MOA.

Simulering av kort puls utføres i henhold til EN 60099-4 med 4/10 μ s med amplitudeverdi 100 kA., med en teoretisk MOA montert på utstyret. Karakteristikken for den teoretiske avlederen i log (strøm i kA), log (spenning i kV) er en rett linje som skal gå gjennom punktene:

NORDISK ELKRAFTTEKNISK SAMARBEID

Isolasjonskoordinering

Dato: 02.02..2003

Sluttrapport ver. 01

Side: 23 av 24

5 REFERANSER

- [1] Overspenningsbeskyttelse i NSB Banes faste tekniske anlegg Del 1 – Fri linje Transinor AS Teknisk rapport 504.450.01 1996
 - [2] Isolationskoordination vid överledning traktionsspänning – hjälpkraft BKE 02/24 Banverket, 2002
-

6 STIKKORDSREGISTER

B		IEC 61245	7
Basisisolasjon.....	8	K	
D		krypstrømsvei.....	11
Dobbel isolasjon.....	8	M	
Driftsspenning.....	7	metalloksydavleder.....	17
E		MOA	17
EN 50119	6, 13, 15	N	
EN 50121	6, 11	nominell impuls spenning	7, 10, 18
EN 50124	4, 6, 7, 17, 20, 21	nominell isolasjon spenning	7, 8, 9, 21
EN 50124	6, 21	Nominell spenning	7
EN 50163	6, 7, 17	O	
EN 60071	14, 21	overspenning skategorier	9
EN 60507	7	S	
EN 60529	7	seksjons isolatorer	14
EN 60947-1.....	7	T	
F		Tilleggs isolasjon	8
Forsterket isolasjon	8, 10	transformatorer	16, 21
forurensnings klasser	9	U	
Funksjonell isolasjon.....	8, 10	U_{max1}	7
I		U_n 7, 9	
IEC 60060-1	7, 11	U_{Ni}	7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 21
IEC 60112	7, 10	U_{Nm}	7, 8, 9, 11, 12, 14, 20, 21
IEC 60587	7		
IEC 60664-1.....	7		
IEC 60815	13		