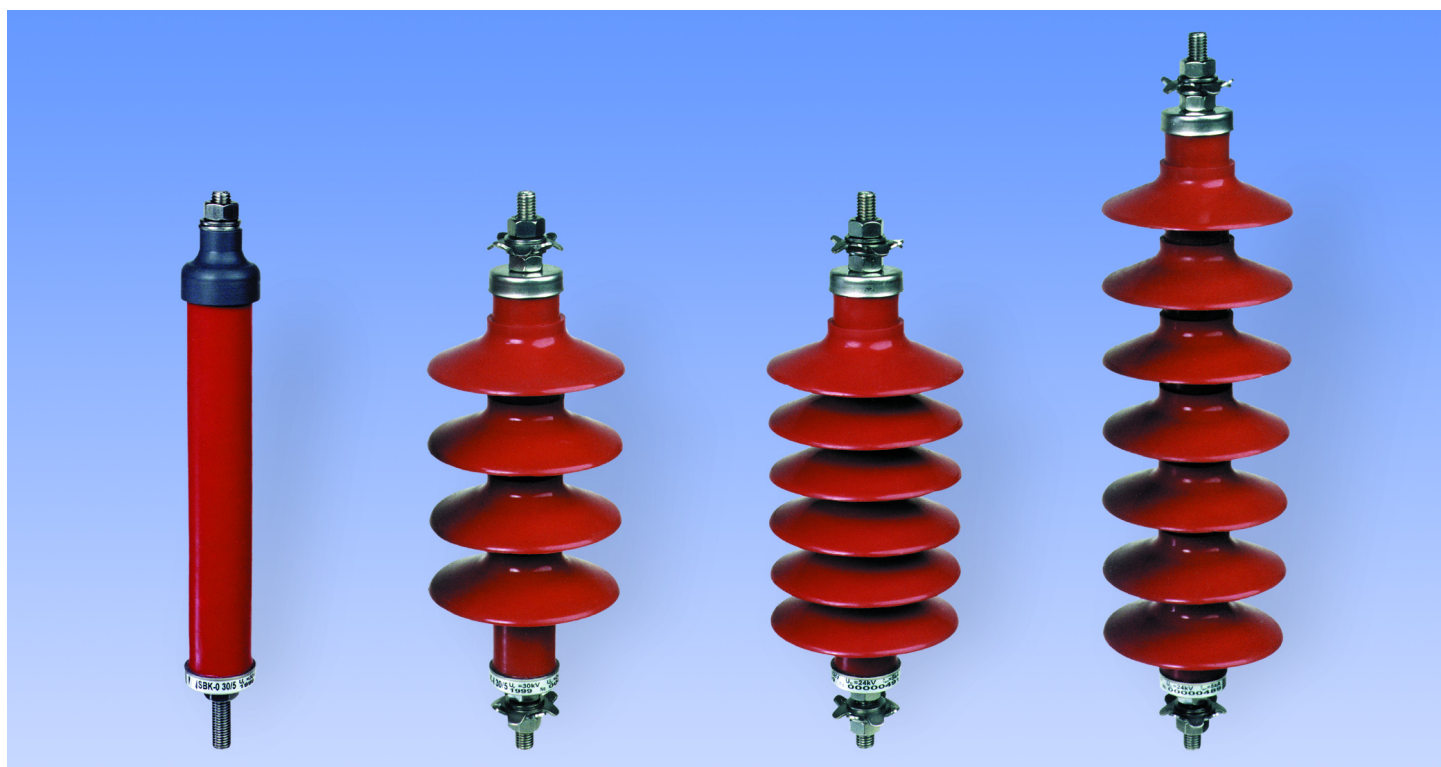




Member of DEHN group

REKOMMANDATION

OVERSPÆNDINGSAFLEDERE
TIL HØJSPÆNDINGSNET



Udarbejdet af: Ernst Boye Nielsen &
Peter Mathiasen,
DESITEK A/S

Denne publikation er en re-
kommandation for valg af
overspændingsafledere til høj-
spændingsnet. Den behand-
ler dels en række generelle
forhold, og dels forhold, der er
specifikke for produkterne fra
den tyske producent af over-
spændingsafledere TRIDELTA.

Definitioner og betegnelser:

U_{L-L}

Nominal driftsspænding (fase-fase) for system, hvori aflederen ønskes monteret.

U_m

Maksimal kontinuert driftsspænding for system (fase-fase). I langt de fleste systemer er U_m 20 % højere end U_{L-L} for at tage hensyn til lastvariationer og koblingsforløb.

$$U_m = 1,2 \cdot U_{L-L} \quad (\text{Ligning 1})$$

U_c

Maksimal kontinuert driftsspænding for afleder (fase-jord). Benævnes også COV (Continuous Operating Voltage).

U_r

Mærkespænding for afleder (fase-jord).

$$U_r = 1,25 \cdot U_c \quad (\text{Ligning 2})$$

TOV

Maksimal temporær overspænding (opgives for hhv. 1 s og 100 s).

For SBK30 med $U_c = 24$ kV er eksempelvis $U_{1s} = 32,1$ kV og $U_{100s} = 27,9$ kV.

U_{rs}

Restspænding for afleder (fase-jord) opgives ved forskellige prøvestrømme og kurveformer som angivet i Tabel 1.

Energiabsorption/afledningsklasse (Line discharge class)

Mål for den energi, som aflederen kan optage fra en stødstrøm af kurveform 8/20 μ s uden at blive termisk overbelastet. For at kunne sammenligne afledere til forskellige spændingsniveauer, normeres energiabsorptionen i forhold til mærkespændingen U_r . Normalt anvendes afledningsklasse I, der har en

energiabsorptionsevne på 2,8 kJ/kV U_r .

IEC60099-4 definerer, at afledere til systemer med U_r i intervallet 3 – 360 kV_{rms} skal have nominal afledestødstrøm på 10 kA_{8/20 μ s}.

BIL

Mærkeimpulsholdespænding (Basic lightning impulse Insulation Level) er et mål for den stødspænding med kurveform 1,2/50 μ s, som komponenterne i et system er afprøvet med.

I henhold til IEC 60099-4 anvendes restspændingen U_{rs} ved stødstrømmen 10 kA_{8/20 μ s} til sammenligning med et systems BIL.

Eksempel på navngivning

I Tabel 2 er betydningen af de enkelte parametre i betegnelsen for aflederen **SBK-I 30/10.1 M** vist.

Kurveform [μ s]	Til simulering af	Prøvestrømme [kA]
1/2	Hurtigt stigende stødstrøm	10; 20
8/20	Atmosfærisk udladningsstrøm	5; 10 ; 20; 40
30/75	Koblingsstødstrøm	0,25; 0,5; 1; 3

Tabel 1: Prøvestrømme og kurveformer til måling af restspænding

Betegnelse	Beskrivelse
SBK	Zinkoxid-varistor i silikonegummi-kapsling
I	Krybestrømsisolationsklasse *1
30	Mærkespænding [kV _{eff}] (Fase-jord)
10	Nominal afledestødstrøm [kA _{8/20μs}]
1	Aflederklassen (Line discharge class)
M	Modificeret efter ønske (Krybe-/overslagsstrækning, farve..)
*1: O – uden skærme I – skærmafstand 45 mm II – skærmafstand 30 mm	

Tabel 2: Betydning af afledernes betegnelser

OVERSPÆNDINGSAFLEDERE TIL HØJSPÆNDINGSNET

DESITEK

Member of DEHN group

Fysisk opbygning og virkemåde

Aflederne med mærkespænding U_r i intervallet 3-51 kV er alle opbygget efter princippet, der ses i figur 1, men har forskelligt antal varistor-blokke af zinkoxid (ZnO) afhængigt af spændingsniveau. Varistor-blokkene er internt forbundet i serie og kontakteret med en metalblok i hver ende. Samlingerne mellem varistor-blokkene tættes med fleksibel tape. Mens blokkene er opspændt, bliver de beklædt med præ-imprægneret glasfiber, der ved opvarmning hærdes til et rør. Dette glasfiber-rør giver aflederen dens mekaniske stabilitet over for trækspænding samt vrid- og bøjningsmoment. En silikoneslange trækkes uden på glasfiberen, og der påsættes eventuelt silikoneskærme for at opnå den ønskede krybestrækning. Metalblokkene afsluttes i hver ende af en rustfast endekappe og M12-bolt for tilslutning.

Ved en skadelig overbelastning af aflederen gennemtrænger eventuelt udviklet gas det rørformede hylster, og den lukkes kontrolleret ud under den elastiske silikoneslange.

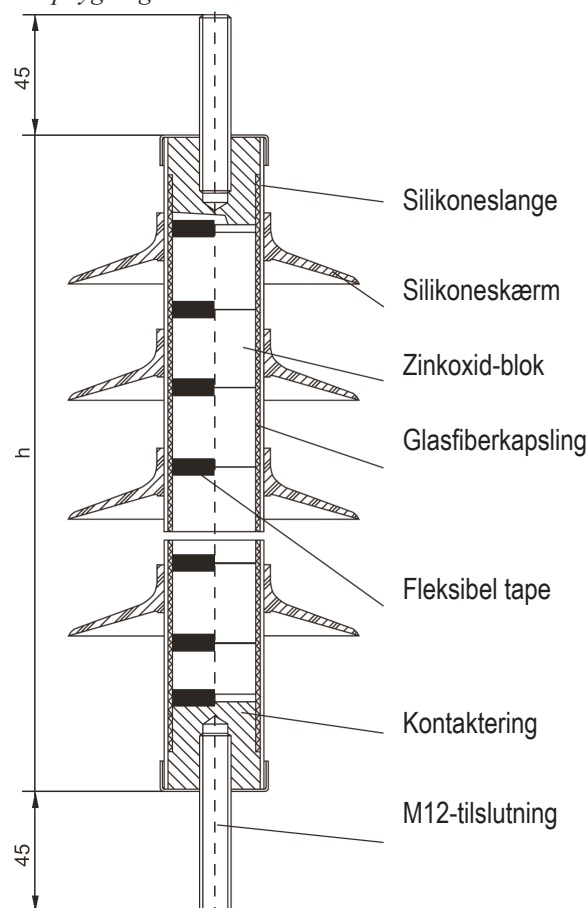
Princippet i afledernes virkemåde kan meget kort sammenlignes med halvlederteknikken, hvor ZnO-blokkene er som 2 antiparalleltkoblede dioder. Diodernes ledespændingsfald er her analogt til afledernes U_c . Lækstrømmen er i størrelsesordenen 1–5 mA ved 60 °C.

Før ZnO-teknikken vandt indpas, blev der anvendt spændingsafhængige SiC-modstande i serie med gnistgab. Funktionen af disse gnistgab var imidlertid meget følsom for miljøpåvirkninger, og netfølgestrømmen kunne først slukke i den følgende 0-gennemgang.

Afprøvnings

Efter fremstilling prøves aflederen med mærkespænding U_r i 10 s.

Figur 1: Aflederen opbygning

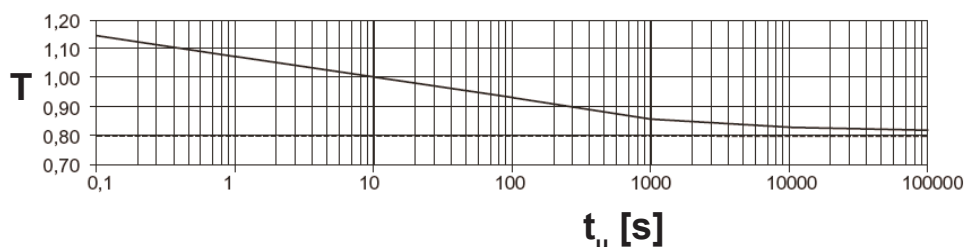


Partielle udladninger skal være ≤ 10 pC ved $1,05 \cdot U_c$.

TOV-arbejdslinie

TOV-arbejdslinien i figur 2 beskriver, at afledernes mærkespænding skal vælges højere med stigende varighed af den temporære overspænding.

$$T(t_u) = \frac{TOV}{U_r} \quad (\text{Ligning 3})$$



Figur 2: T som funktion af t_u [s]

Temperaturen for aflederne er 60 °C, og de er for-belastet med $100 \text{ kA}_{4/10\mu\text{s}}$. Den vandrette stiplede linie ved $T=0,8$ indikerer asymptoten svarende til

$$U_r = 1,25 \cdot U_c \quad (\text{Ligning 2})$$

$T(10)=1$ svarer til afprøvningen med U_r i 10 s.

Krybestrømsisolationsklasse

Figur 3 viser en 10 kA afleder til $U_r = 30$ kV med forskellige krybestrækninger. Klasse 0, I og II tager grundlæggende udgangspunkt i klasse 0, der forsynes med silikoneskærme for at opnå hhv. klasse I og II.

Udgaven SBK-I 30/10.M er yderligere modificeret i længden.

Oversigt over krybestrækningerne ses i Tabel 3

Aflederens beskyttelses-virkning ift. installationens isolationsniveau / BIL

IEC60099-4 definerer, at en afleders restspænding ved afledestødstrømmen $10 \text{ kA}_{8/20\mu\text{s}}$ maksimalt må være 80 % af BIL for det system, hvori den er monteret.

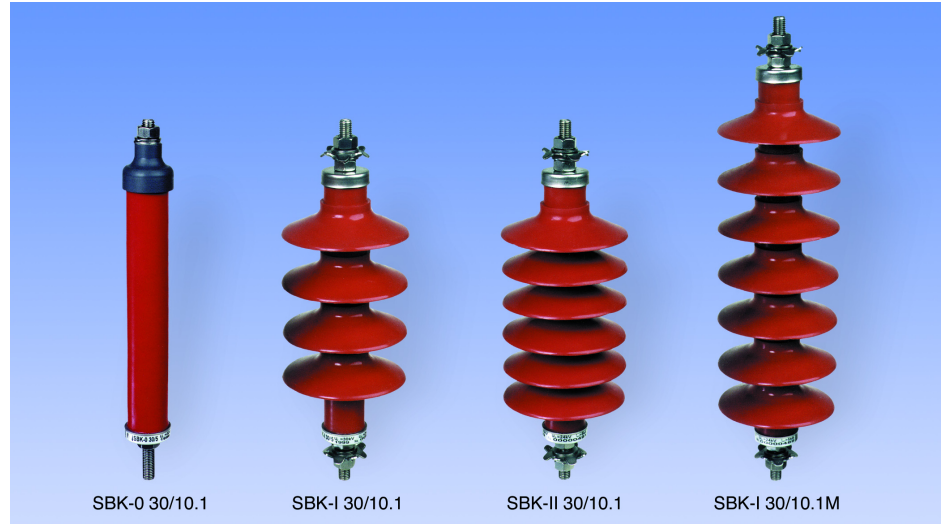
For systemspænding 6 – 30 kV er disse værdier vist i Tabel 4.

En af årsagerne til 80 %-grænsen for restspænding er, at mærkeimpulsholdespændingen for mange materialer falder ved ældning.

Komponenter med reduceret isolation

U_{L-L} [kV _{eff}]	U_m [kV _{eff}]	BIL [kV _{1,2/50\mu\text{s}}]	80% af BIL [kV _{1,2/50\mu\text{s}}]
6	7,2	60	48
10	12	75	60
15	17,5	95	76
20	24	125	100
30	36	170	136

Tabel 4: Lynstødholdespænding og max. restspænding for systemspændinger 6-30 kV



Figur 3: Afleder med forskellige krybestrækninger

Afledertype	SBK-0 30/10	SBK-I 30/10	SBK-II 30/10	SBK-I 30/10..M
Krybe strækning [mm]	228	528	678	Efter ønske

Tabel 3: Krybestrækninger for de forskellige klasser af SBK-. -30/10

Af sparehensyn kan kravet til mærkeimpulsholdespændingen i nogle tilfælde fraviges, idet transformere kan konstrueres med reduceret isolation, så BIL kun er 95 kV til et 20 kV system. Dette skærper markant kravene til afledernes restspænding.

Valg af afleder afhængigt af systemjording (stjernepunktsjording)

Afledere vælges ud fra systemets maksimale kontinuerede driftsspænding U_m og stjernepunktets eventuelle jordforbindelse. Disse 2 forhold er bestemmende for spændingen på de ikke-fejlrante faser under en 1-faset fejl.

Isoleret og slukkespole-jordet net

En 1-faset jordslutning giver kun en relativt lille jordslutningsstrøm i et system med isoleret stjernepunkt. Med slukkespolejordnet stjernepunkt er slukkespolens reaktans afstemt til at give samme strøm som den kapacitive jordslutningsstrøm blot i modfase, hvorved jordslutningsstrømmen slukkes.

Fælles for de to nettyper er, at de kan være i drift i længere tid (timer) med en jordfejl, hvorunder spændingen på de ikke-fejlrante faser kan antage netspændingen U_m i forhold til jord.

Aflederens mærkespænding U_r bestemmes herefter af ligning 4; idet $U_c = U_m$:

$$U_r \geq 1,25 \cdot U_m \text{ (Ligning 4)}$$

OVERSPÆNDINGSAFLEDERE TIL HØJSPÆNDINGSNET



Member of DEHN group

Eksempel:

For et 20 kV system fås

$$U_r \geq 1,25 \cdot U_m \geq 1,25 \cdot 1,2 \cdot U_{L-L}$$

$$U_r \geq 1,5 \cdot 20 \text{ kV} \geq 30 \text{ kV}$$

Umiddelbart vælges derfor SBK30.

Isoleret net med jordfejlsudkobling

Med jordfejlsudkobling kan aflederens U_r bestemmes ud fra ligning 5:

$$U_r \geq \frac{U_m}{T(t_u)} \quad (\text{Ligning 5})$$

og $T(t_u)$ fra Figur 2.

I tilfælde af, at udkoblingstiden ikke kendes, sættes den til $t_u = 10 \text{ s}$.

Eksempel:

For et 20 kV system fås med $T(10 \text{ s}) = 1$

$$U_r \geq \frac{U_m}{1} \geq 1,2 \cdot U_{L-L} \\ \geq 1,2 \cdot 20 \text{ kV} \geq 24 \text{ kV}$$

Umiddelbart vælges derfor SBK24.

Effektivt jordet net

Det følger af definitionen for et effektivt jordet net, at spændingen på de ikke-fejlamte faser stiger til højst 80 % af U_m , og normalt er t_u kortere end for isoleret og slukkespolejordet net. U_r bestemmes af Ligning 6, hvor sikkerhedsfaktoren 1,05 erfaringsmæssigt skal benyttes, medmindre der foreligger indgående kendskab til systemets opbygning.

$$U_r \geq \frac{0,8 \cdot U_m}{T(t_u)} \cdot 1,05 \quad \text{Ligning 6}$$

Eksempel:

Med $T=1$ fås for et 20 kV system

$$U_r \geq \frac{0,8 \cdot U_m}{1} \cdot 1,05 \\ \geq 0,8 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 20 \text{ kV} \\ \geq 20,16 \text{ kV}$$

Umiddelbart vælges derfor SBK21.

Beregningerne for de forskellige nettyper kan sammenfattes i Tabel 5.

Levetid afhængig af spændingstolerance

I foranstående gennemgang er der ud fra de givne forhold konsekvent valgt de afledere, der har den lavest mulige restspænding.

I tilfælde af, at der er god margin til systemets mærkeimpulsholdespænding, kan afledernes levetid forlænges ved valg af en afleder med højere mærkespænding under hensyntagen til, at aflederens restspænding ikke overskrider 80 % af stødholdespændingen for systemet.

Montage i praksis

I mange installationer vil en lynstrøm blive delt på flere strømveje. Her er det vigtigt, at det samlede jordingsystem (incl. potentialudligning) er så effektivt som muligt, så belastningen af aflederne og dermed restspændingen minimeres. Det er ligeledes vigtigt, at ledningsforbindelserne til aflederne har lavest mulig impedans.

Stjernepunkt						
Isoleret			Direkte/effektivt jordet		Slukkespolejordet	
U_m [kV]	Afledertype	U_c [kV]	Afledertype	U_c [kV]	Afledertype	U_c [kV]
7,2	SBK9	7,2	SBK6	4,8	SBK9	7,2
12	SBK15	12	SBK12	9,6	SBK15	12
17,5	SBK24	19,2	SBK15	12	SBK24	19,2
24	SBK30	24	SBK21	16,8	SBK30	24
36	SBK45	36	SBK31	25	SBK45	36

Tabel 5: Valg af afleder afhængigt af systemjording

REKOMMANDATION



Member of DEHN group



Nærværende rekommandation behandler de vigtigste forhold vedrørende valg og montage af overspændingsafledere i højspændingsnet.

Kontakt venligst DESITEK A/S ved behov for nærmere gennemgang eller spørgsmål/kommentarer i øvrigt.

DESITEK A/S

Sunekær 8, DK 5471 Søndersø

Telefon: 63 89 32 10, Fax: 63 89 32 20

E-mail: desitek@desitek.dk,

www.desitek.dk