



**FABA**

**VÆRD AT VIDE  
OM TRANSIENTBESKYTTELSE  
AF GADE- OG VEJBELYSNINGS-  
ARMATURER**

# Indholdsfortegnelse

	Side
<b>1 Indledning</b> .....	3
<b>2 Typer af overspændinger</b> .....	4
2.1 Midlertidig overspænding .....	4
2.2 Koblingstransienter .....	4
2.3 ESD .....	4
2.4 Lyntransienter .....	4
<b>3 Påvirkninger fra lyn</b> .....	4
3.1 Direkte lynnedslag i installation .....	5
3.2 Nedslag til jorden .....	6
3.3 Inducerede effekter .....	6
<b>4 Fejlscenarier</b> .....	6
<b>5 Installationers opbygning</b> .....	7
5.1 Forsyningssystemer .....	7
5.2 Isolationsklasser .....	7
5.2.1 Materiel af klasse I .....	7
5.2.2 Materiel af klasse II .....	7
5.2.3 Anbefaling til forbedring af beskyttelse ....	7
<b>6 Anbefalet kravspecifikation til belysningsarmaturet</b> .....	7
6.1 Test og angivelse af impulsholdespænding .....	7
<b>7 Risikovurdering – skal overspændingsbeskyttelse implementeres?</b> .....	7
7.1 Krav til driftssikkerhed .....	7
7.2 Beregning af risiko .....	8
7.3 Cost/benefit-analyse .....	9
7.4 Krav til inspektion og vedligeholdelse .....	9
<b>8 Valg og implementering af overspændingsbeskyttelse</b> .....	9
8.1 Hvordan virker overspændingsbeskyttelse .....	9
8.2 Valg af overspændingsbeskyttelse .....	10
8.3 Hvorledes implementeres lynbeskyttelse i installationer? .....	10
8.3.1 Beskyttelse af koblings/styretavle .....	10
8.3.2 Placering af beskyttelse i lysmast .....	10
8.3.3 Placering af beskyttelse på wireophængte armaturer .....	10
<b>9 Rekommandation</b> .....	11
9.1 Yderligere assistance .....	11
<b>10 Referencer</b> .....	11

# Indledning

Denne vejledning omfatter en teoretisk og praktisk fremstilling af problemstillinger og løsninger til transientbeskyttelse af eksisterende og nye installationer for LED-baseret gade- og vejbelysning.

Skader forårsaget af lynnedslag i eller i nærheden af LED gadebelysningsinstallationer er et stigende problem. LED-belysning indeholder elektroniske enheder, der kan være følsomme overfor høje transiente overspændinger forårsaget af lynnedslag. Når disse belysningsarmaturer installeres i uden-dørs installationer, er det installations-ejerens ansvar, at der foretages de nødvendige tiltag for at begrænse overspændinger til et niveau, der er lavere end, hvad belysningsarmaturet kan holde til.

Ved beskyttelse mod transiente overspændinger skelnes der mellem to typer af overspændinger; common mode og differentiell mode transiente overspændinger. Ved en common mode transient forstås en overspænding, der overstiger isolationsholdespændingen for armaturet mellem forsyningslederne og chassis på jordpotential. Common mode transienter er den primære påvirkning i forbindelse med lyn.

Differentiell mode transienter også kaldet koblingstransienter opstår mellem fase og nul. Dette vil primært ses ved store belastningsændringer af forsyningsnetværket. Koblingstransienter vil ofte kunne tilskrives manglende kvalitet og beskyttelse af forsynings-spændingen.

En anden typisk fejl på 230V/400V nettet er såkaldte nullingsfejl, hvor armaturerne bliver udsat for midlertidige overspændinger. Disse fejl opstår ved brud eller udfald på nul-lederen.

Med denne rapport vil du som ejer af udendørs belysningsinstallation være i stand til at tage de forholdsregler, der er nødvendige for at opnå beskyttelse med skader forårsaget af lyn. I den forbindelse er det vigtigt at kigge på hele dit system; fra forsyningspunkt til det sidste armatur på linjen. Denne guide vil anskueliggøre, hvordan et system bestående af forsyningspunkt, kabler, master, armaturer med mere skal håndteres som et samlet system og ikke som individuelle dele.

## 2 Typer af overspændinger

Overspændinger forekommer dagligt på vores elforsyningsnet, og derfor skal vores elektriske udstyr være udviklet til at sidde i dette miljø.

Overspændinger på nettet dækker i princippet over enhver spænding over den normale driftspænding, oftest 230V eller 400V for gadearmaturer i Danmark. Forskellige typer af overspændinger er illustreret i figur 1 og beskrevet nedenfor.

### 2.1 Midlertidig overspænding

En typisk fejl ved 230V/400V-installationer er fejl på nullederen, en såkaldt nullingsfejl. Når nullederen falder ud, vil installationen blive udsat for en *midlertidig overspænding* (TOV) på 400V, hvilket svarer til spændingen mellem to faser i det normale 4-leder forsyningssystem, vi bruger i Danmark. Et gadearmatur vil ikke eller kun i meget begrænset omfang kunne håndtere denne midlertidige overspænding.

### 2.2 Koblingstransienter

Et andet velkendt problem på forsyningsnettet er *koblingstransienter*, som opstår, når forholdsvis store maskiner og transformatorer på nettet kobles ind og ud eller ved kortslutningsfejl. Grundet selvinduktionen

i kabler og transformere samt spoler i nettet og på installationerne skabes nogle transienter, der har høje spændinger i størrelsen kilovolt og pulsstrømme på flere kiloampere. Disse transienter forekommer både som påvirkning mellem fase og nul også kaldet *differential mode*, samt på fase og nul i forhold til lokal jord, kaldet *common mode*. Transienterne vil have forventelig størrelse på op til 6 kV og høj hyppighed, hvilket kan være skadelige på følsomt elektronisk udstyr som gadearmaturer. Niveauerne og hyppigheden er forskellige afhængigt af hvor på nettet, det følsomme udstyr er installeret, men vil generelt blive beskrevet som lavenergiholdige strømpuls af form  $8/20 \mu\text{s}$ , se figur 4.

### 2.3 ESD

*Elektrostatisk opladning og afladning* (ESD) opstår ved friktion mellem to forskellige ikkeledende materialer eller ved specielle atmosfæriske forhold, hvor vindhastighed og luftfugtighed er vigtige parametre. Fælles for elektrostatisk opladning og afladning er en høj spændingspuls men et lavt energiidhold. Pulsen vil være kraftig nok til skade følsom elektronik som dioder og transistorer men ikke kraftig nok til personskaade.

## 2.4 Lyntransienter

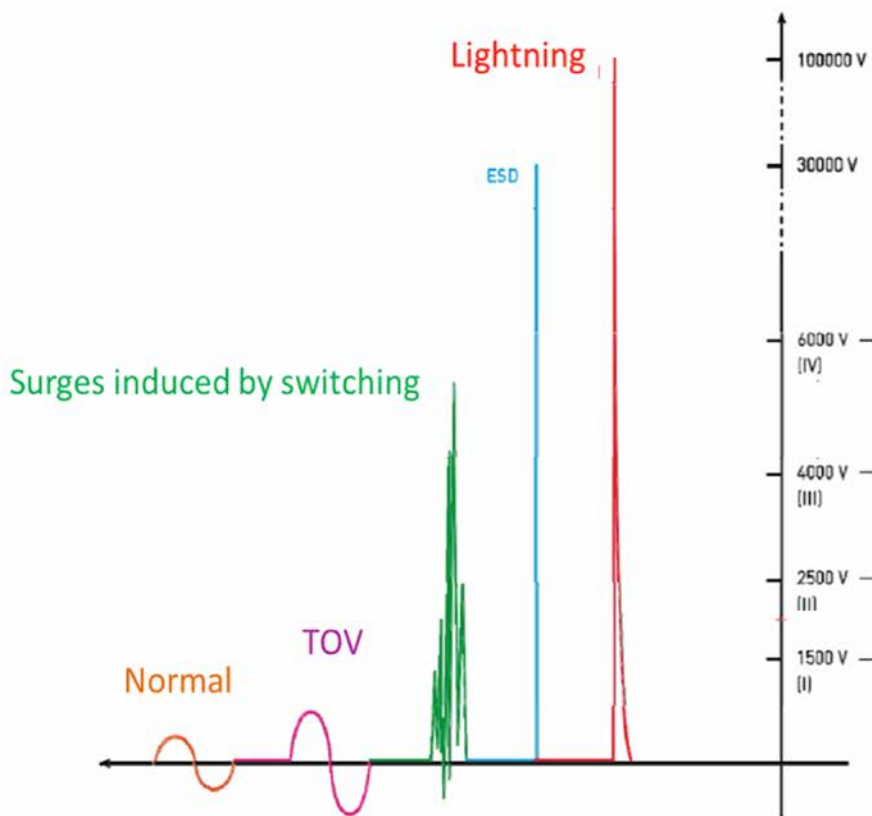
I en størrelse langt over koblingstransienter og midlertidige overspændinger forekommer transienter fra lyn, *lyntransienter* (LEMP). Disse transienter vil have overspændinger i størrelsen fra kilovolt til megavolt, typisk i størrelsen 10 kV til 1 MV, hvilket et gadearmatur som udgangspunkt ikke er udviklet til at håndtere.

Transienter fra lyn kan beskrives som enten en direkte eller indirekte påvirkning, hvilket vil blive beskrevet og uddybet i det følgende. Fælles for transienter fra lyn er, at skaderne på gadearmaturerne eller andet elektronik opstår, når elektronikken bliver udsat for en overspænding, der overstiger den impulsholdespænding, udstyret er udviklet til at håndtere i forhold til lokal jord. Skader, der skyldes påvirkninger fra lyn, vil kunne beskrives som *common mode* påvirkning, hvilket betyder, at udstyret er blevet udsat for en overspænding på fase og nul i forhold til lokal jordpotentiale på armaturhus og lysmast. For et gadearmatur vil den komponent med lavest impulsholdespændinger sætte niveauet for armaturet som helhed.

## 3 Påvirkninger fra lyn

Lyn er et udbredt naturfænomen, og antallet af lynnedslag er stigende. På trods af det stigende antal lyn er vi i Danmark ikke specielt udsat i forhold til de centrale og sydlige dele af Europa. I flere andre lande har man dog til forskel for Danmark en årelang tradition for at anvende og integrere lynbeskyttelse i installationerne. På trods af det lavere antal lynnedslag i Danmark, slår lynet dog ned mange gange i løbet af året, og dette bør man forholde sig til som ejer eller rådgiver af et gadebelysningsanlæg. Sandsynligheden for at blive påvirket og ramt af skader fra et indirekte lynnedslag er mange gange større end sandsynligheden for at blive ramt af et direkte lynnedslag. For at vælge den rette beskyttelse er det dog vigtigt at kende til de forskellige kilder, og hvordan de hver i sær påvirker installationerne.

Størrelsen af lyn og lyntransienter bliver som udgangspunkt målt og angivet ud fra strømmen i kiloampere. Denne strøm vil inducere en spænding på systemet, der afhænger af systemudformning og impedanser. Det er størrelsen af spændingen, der har betydning for hvor overslaget sker,



Figur 1. Overspændinger på forsyningsnettet og udendørs installationer.

mens størrelsen af strømmen har betydning for, hvor store skaderne bliver.

Et direkte lyn leverer en strømpuls karakteriseret ved 10/350  $\mu$ s med en maksimal værdi på op til 200 kiloampere. Baseret på målinger og som angivet i IEC62305-1 <sup>1)</sup> vil et gennemsnitligt lyn have en maksimal værdi på 33 kA, og godt 95% af alle lyn vil have en maksimal strøm under 50 kA, se figur 3. Uanset maksimalværdien vil strømmen fra et direkte lynindslag indeholde store mængder energi og være yderst destruktiv. Et eksempel på et lyn med en maksimal værdi på 12,5 kA og tilhørende energi på 40 kJ/ $\Omega$  er vist i figur 4.

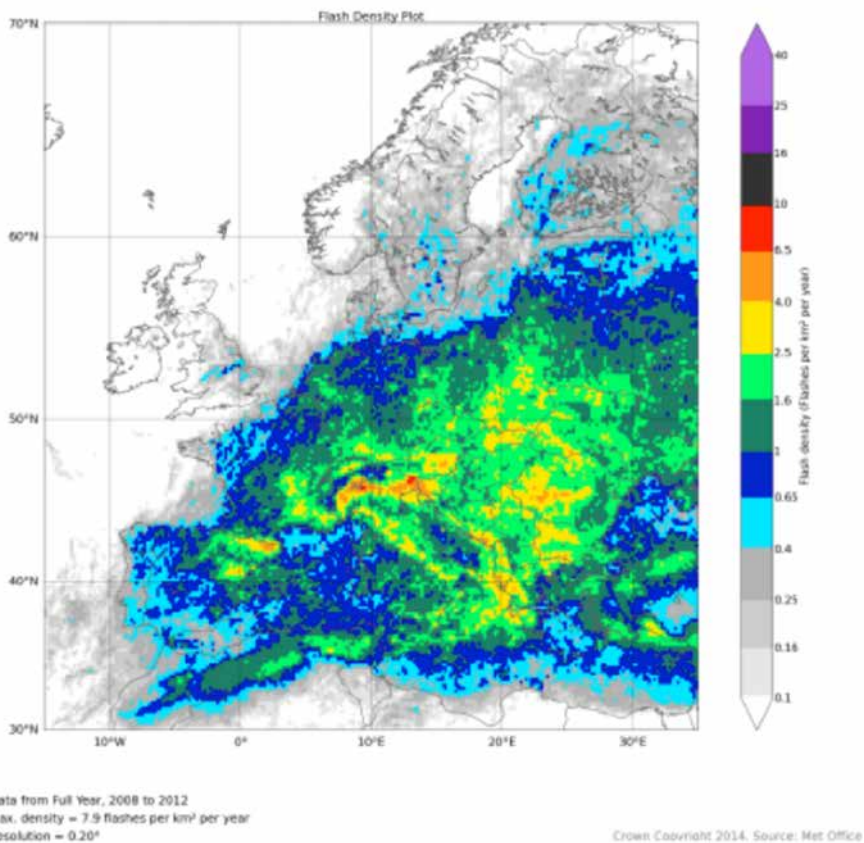
De indirekte transienter fra et lyn er karakteriseret ved en hurtig strømpuls givet ved 8/20  $\mu$ s som vist i figur 4. Den hurtige indirekte lyntransient har et lavt energiindhold, som er cirka 20 gange mindre og vil derfor ikke være lige så destruktiv som det direkte lyn men vil til gengæld forekomme langt oftere, da opsamlingsarealet er større. I dette har installationens udbredelse og andre krydsende installationer i form af kabler og rør en stor betydning.

### 3.1 Direkte lynnedslag i installation

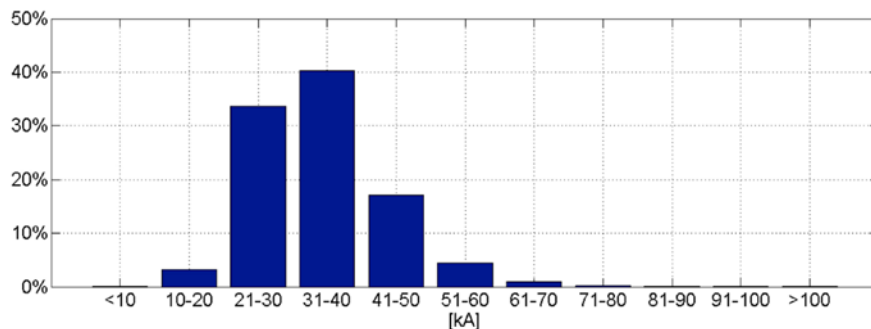
Den kraftigste og mest omfattende påvirkning af systemet opstår ved et direkte nedslag i systemet. Dette kan ske ved, at lynet rammer enten et armatur eller en mast samt også ved et nedslag i kablerne mellem armaturerne og forsyningspunktet. Ved et direkte nedslag vil installation og armaturerne blive udsat for hele eller dele af den fulde lynstrøm. Strømmen fra det direkte lynnedslag vil påvirke installationen og særligt armaturerne med spændinger på flere hundredekilovolt og helt op til megavolt. Disse overspændinger er gadebelysningsarmaturer på ingen måde udviklet til at kunne håndtere, hvis ikke yderligere beskyttelse er inkluderet i systemet. Et direkte nedslag kan også forekomme til forsyningsystemet før gadeskabet eller til kablerne. I dette tilfælde vil påvirkningen af armaturerne være mindre, da lynstrømmen vil fordele sig over et større område med flere muligheder for afladning til jord.

### 3.2 Nedslag til jorden

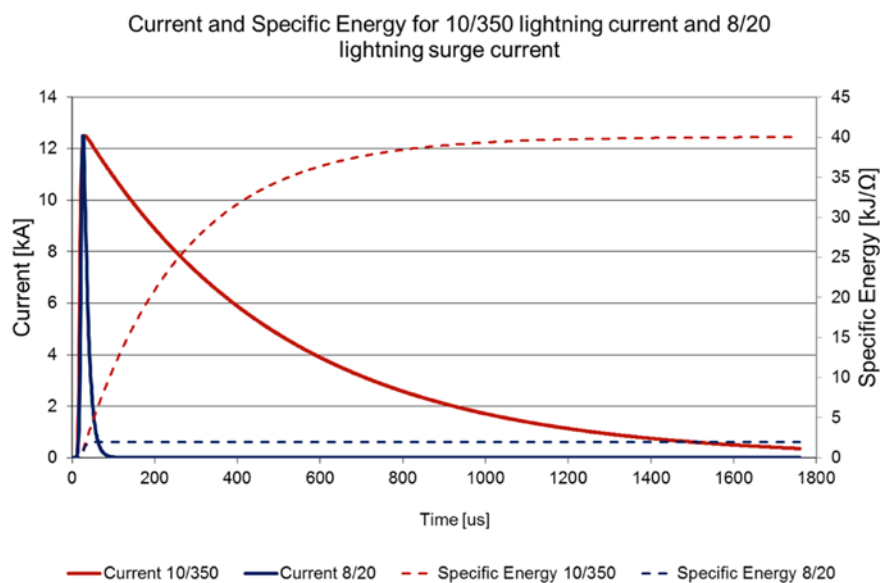
Når et lyn slår direkte ned i jorden eller f.eks. i et træ, vil lynstrømme på op til



Figur 2. Lynnedslagsdensiteten (nedslag pr. km<sup>2</sup> pr. år) for Europa.



Figur 3. Normalfordeling af den maksimale strømværdi i lynnedslag <sup>1)</sup>.



Figur 4. Lynstrømme og energi ved direkte og indirekte påvirkning.

<sup>1)</sup> EN 62305-1.

200 kA fordeles i jorden cirkulært ud fra nedslagsområdet. Der, hvor lynet rammer, opstår der en spændingsstigning (såkaldt potentialebjerg), der er et produkt af lynstrømmen og modstanden i jorden målt fra nedslagsstedet ud til et punkt flere hundrede meter væk (såkaldt fjern jord). Med 200 Ωm i jordens overgangsmotstand vil det se ud som på figur 5 for et lynnedslag på 100 kA til et nærliggende træ.

150 meter fra nedslaget vil der på jorden under en mast opstå en spænding på 21 kV i forhold til forsynings-spændingen på 230V. Da masten står i jorden, vil spændingen stige til 21 kV, og der vil på den ubeskyttede installation opstå et overslag mellem masten og ledningerne samt elektronikken i armaturet. Nedslag i jorden nær ved installationen vil som udgangspunkt give en lavenergiholdig indirekte

strømpuls af form 8/20 μs, figur 4 på forrige side.

### 3.3 Inducerede effekter

Blot ved tordenvejrets og tordenskyens tilstedeværelse hen over armaturerne vil systemet kunne blive påvirket af indirekte effekter. Selvom lynet ikke slår direkte ned i systemet eller tæt ved systemet, vil lyn mellem to skyer eller til fjerne lokationer kunne inducere en spændingsopbygning på systemet. Denne overspænding beskrives ved en lavenergiholdig indirekte strømpuls af form 8/20 μs, se figur 4 på forrige side.

### 4 Fejlscenarier

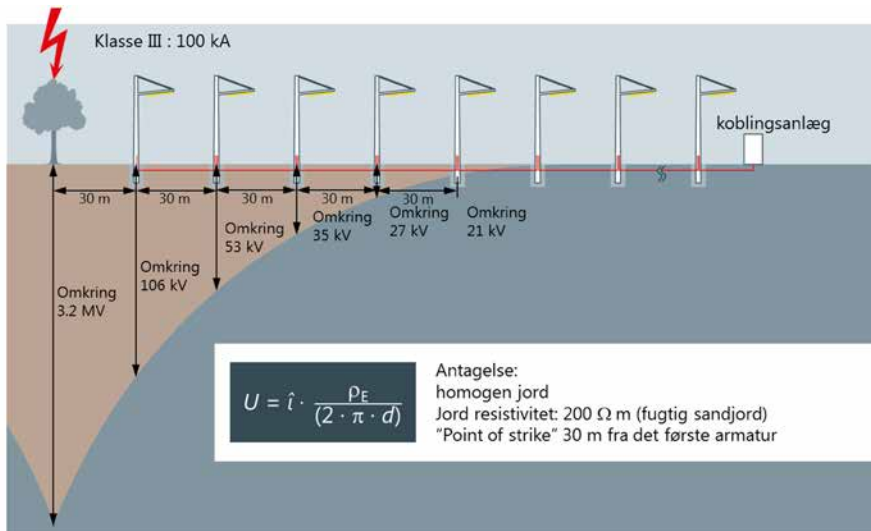
Når et gadebelysningsarmatur bliver påvirket med overspænding over dets specifikationer, vil det kunne gå i stykker. Typiske fejl fra overspændinger vil spænde fra enkelte sorte dioder til helt defekte drivere.

Skaderne kan deles op i to hovedkategorier alt efter, om skaderne er sket ved en differential mode eller common mode overspænding. Differential mode skader vil typisk være midlertidig overspænding eller koblingstransient, der vil ødelægge den indbyggede differentialbeskyttelse i driverne, se figur 6. Konsekvensen vil som udgangspunkt være et helt mørklagt armatur uden DC-output fra driveren men med funktionelle LED-dioder.

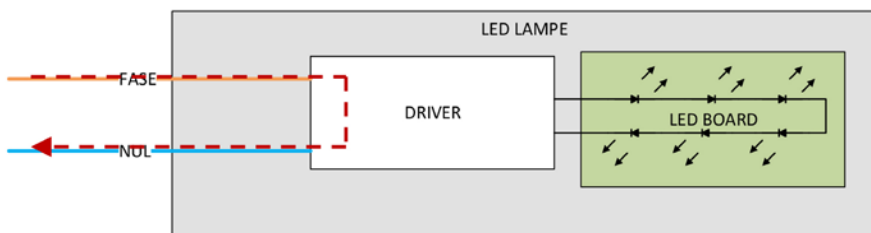
Common mode skader vil typisk opstå af koblingstransienter, ESD, samt direkte og indirekte lyntransienter.

Ved common mode overspænding vil der ske overslag til chassiset på lokal jordpotentiale inde i driveren eller på LED-boardet som vist i figur 8. Skaderne vil kunne ses som et helt eller delvist mørklagt armatur, hvor LED-dioder og driveren kan være skadet.

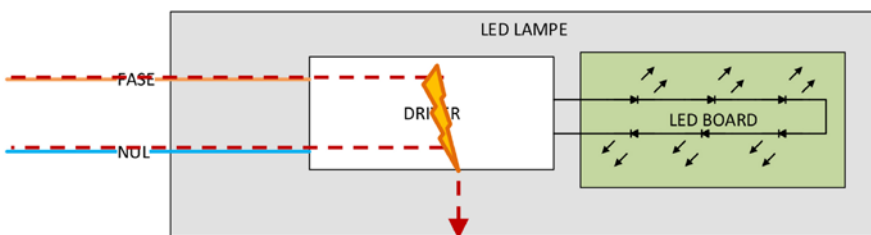
Som udgangspunkt vil et overslag ske på det punkt i armaturet, der har den laveste modstand mod transienter, også kaldet impulsholdespændingen. Når først et overslag er forekommet, vil impulsholdespændingen være reduceret, og følgende overspændinger vil medføre overslag i samme punkt. Den overspænding, et armatur kan holde til, vil derfor altid være givet ved armaturets svageste punkt. Test og angivelse af impulsholdespænding bør derfor altid udføres og angives for armaturet som en helhed.



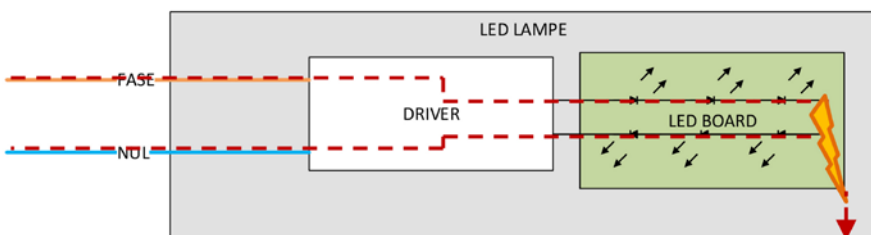
Figur 5.



Figur 6. Illustration af differential mode overspænding (rød). Følgestrømmen fra differential mode overspændingen vil kunne ødelægge den interne beskyttelse i driveren.



Figur 7. Illustration af common mode overspænding (rød) i driveren. Common mode overspænding vil kunne forårsage et overslag inde i driveren, og følgestrømmen vil kunne ødelægge den følsomme elektronik, mens LED-dioderne er funktionelle.



Figur 8. Illustration af common mode overspænding (rød) på LED boardet. Common mode overspænding vil kunne forårsage et overslag inde i driveren, og følgestrømmen vil kunne ødelægge LED-dioderne og driveren.

## 5 Installationers opbygning

### 5.1 Forsyningsystemer

I Danmark er der i et traditionelt vej-belysningsanlæg kun fremført tre faser og nulleder men som udgangspunkt ingen systemjording.

### 5.2 Isolationsklasser

Der findes to isolationsklasser, klasse I og klasse II. I Danmark er der tradition for at udføre gadebelysningsanlæg i klasse II materiale, herved kan man undlade at installere fejlstrømsafbrydere (RCD) for beskyttelse imod fejl, da den anvendte dobbelte isolation anses som værende tilstrækkelig. Ved at undlade at installere fejlstrømsafbrydere, undgår man bl.a. fejludkoblinger. Den tekniske beskrivelse for klasse II installationer ses i afsnit 5.2.1. I de mindre udbredte klasse I installationer inden for gadebelysning vil der være ført beskyttelsesleder (PE) mellem installationerne, og der vil være installeret fejlstrømsafbrydere (RCD) ved forsyningspunkt, se mere i den tekniske beskrivelse for klasse I installationer i afsnit 5.2.2.

I forbindelse med lynnedslag og transiente påvirkninger af installationerne er der nogle klare ulemper ved brug af klasse II installationer. Da klasse II materiale udføres isoleret og uden brug af beskyttelsesledere, kan der lokalt i f.eks. en lysmast opstå meget store potentiale forskelle mellem lysmasten på lokalt jordpotentiale og armaturet samt installationskablerne.

#### 5.2.1 Materiel af klasse I

Elektrisk materiel hvor beskyttelse mod elektrisk stød ikke alene afhænger af grundisolationen. Materiellet har desuden midler til forbindelse af de udsatte dele til beskyttelseslederen i den faste installation.  
Engelsk betegnelse: Class I equipment.

#### 5.2.2 Materiel af klasse II

Elektrisk materiel hvor beskyttelse mod elektrisk stød ikke alene afhænger af grundisolationen, men hvor der er anvendt dobbelt isolation eller forstærket isolation. Materiellet har ikke midler til forbindelse til beskyttelseslederen.  
Engelsk betegnelse: Class II equipment.

#### 5.2.3 Anbefaling til forbedring af beskyttelse

Forsyningsanlæg til armaturer, hvor der er ført en PE (beskyttelsesleder)

ud til masterne, og disse bliver jordet direkte og forbundet sammen og dermed potentialeudlignet, vil samlet set være en forbedring i forhold til el-sikkerheden og beskyttelsen mod påvirkninger fra lyn. Det vil også blive nemmere at finde et større udvalg af sikringsindsatse med transientbeskyttelse, da der i verden findes flest klasse I <sup>1)</sup> gadearmaturer med grøn/gul PE-beskyttelsesleder, som vi på klasse II <sup>2)</sup> gadearmaturer endnu ikke må anvende i Danmark. Frem til 1. juli 2017 er det ikke tilladt at anvende den grøn/gule leder som beskyttelsesleder i klasse II materiel i gadebelysningsanlæg. Men efter den 1. juli 2017 ændres standarden, så man må anvende den grøn/gule leder som beskyttelsesleder i klasse II materiel i gadebelysningsanlæg. Dette vil gælde, indtil man beslutter at ændre standarden.

### 6 Anbefalet kravspecifikation til belysningsarmaturet

Der findes fire forskellige installationskategorier med tilhørende krav til impulsholdespænding for almindelig 230V (fase-nul)/400V (fase-fase) installationer. Det er anbefalet at anvende disse kategorier til at angive kravene til impulsholdespændingen for gadebelysningsarmaturerne.

Som udgangspunkt bør minimum kategori III materiel med en impulsholdespænding anvendes for samtlige komponenter i gadebelysningsarmaturet. Dog er gade- og vej-belysningsarmaturer af natur installeret udendørs, hvormed de kan blive udsat for direkte påvirkning. Derfor anbefales det at se armaturerne og installationerne som kategori IV installationer med en påkrævet impulsholdespænding på 6 kV. Det vil sige, at hvis der for eksempel installeres armaturer, der kun er testet til maks. 2,5 kV, så er der nødt til at installeres supplerende overspændingsafledere til at beskytte armaturer for overspændinger over 2,5 kV. Formålet med beskyttelsen er at bringe spændingen mellem armaturet og lokalt jordpotentiale under det potentiale, armaturet kan holde til, hvormed der ikke vil ske overslag i armaturet.

Nominel spænding i installationen	Krævet impulsholdespænding for materiel (kV)			
	Kat. IV	Kat. III	Kat. II	Kat. I
230/400V	6	4	2,5	1,5

Figur 9. Krævet impulsholdespænding for materiel <sup>3)</sup>.

### 6.1 Test og angivelse af impulsholdespænding

Som køber af for eksempel et gadearmatur skal du være opmærksom på, hvordan armaturet er testet og impulsholdespændingen angivet. Som beskrevet i afsnit 4 vil det svageste led mod overspændinger i armaturet altid være der, hvor et overslag sker. Det er derfor vigtigt, at armaturet ses som en helhed, og at det er armaturets samlede impulsholdfasthed, der angives og stilles krav til.

### 7 Risikovurdering – skal overspændingsbeskyttelse implementeres?

Risikovurdering af, om overspændingsafledere bør implementeres i systemet, bestemmes ud fra fire hovedkategorier. De fire kategorier defineres som *Krav til driftssikkerhed*, *Risikovurdering*, *Kost/benefit-analyse* og *Krav til inspektion og vedligeholdelse*. I sammenhæng vil de fire kategorier danne grundlag for, om der bør installeres overspændingsafledere i forbindelse med gadebelysningen. Simpelt vil dette kunne tilgås ved som ejer eller rådgiver at stille spørgsmål ud fra nedenstående beslutningsdiagram, som er yderligere uddybet i figur 10 på side 8.

#### 7.1 Krav til driftssikkerhed

En faktor, som er svær at gøre op i kroner, er steder med behov for særlig høj driftssikkerhed. Her bør der lægges vægt på at beskytte belysningsanlægget og dermed undgå nedetid, hvor mørke kan være med til at forårsage farlige eller uheldsmæssige situationer. Områder, hvor man ønsker høj driftssikkerhed, vil typisk være

- motor og hovedveje
- lysregulerede vejkrøds og rundkørsler
- fodgængerovergange
- lufthavne

• store sportsarenaer  
Områder med mindre kritiske installationer:

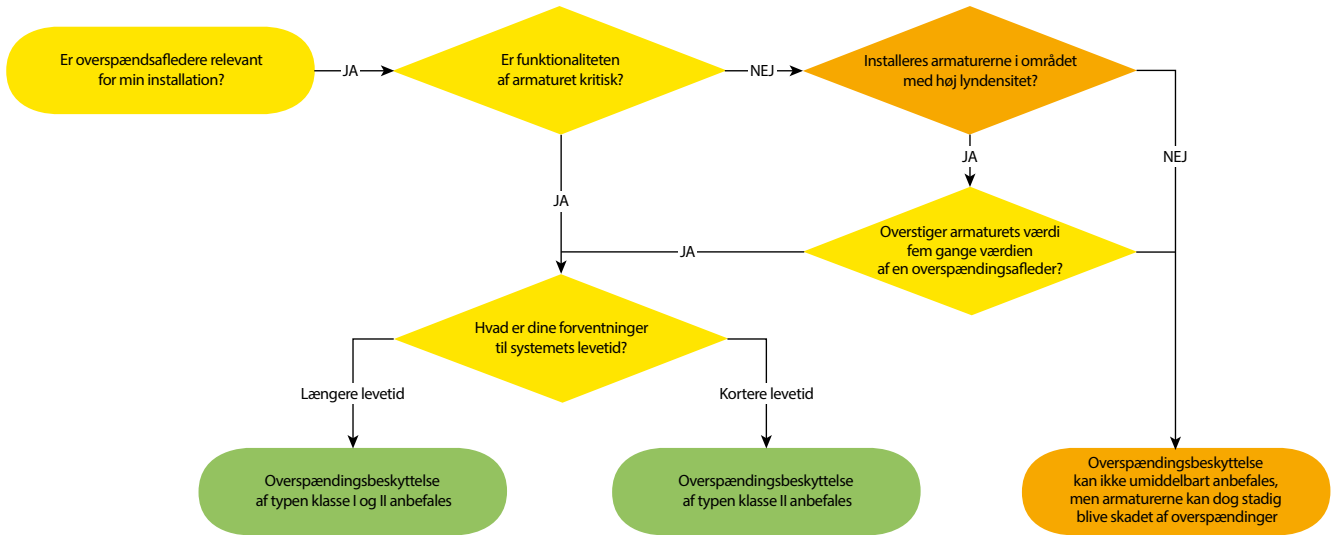
- By- og forstadsområder
- Parker og naturområder

Definitionen af hvilke installationer, der kræver høj driftssikkerhed, er ikke entydig og vil være op til egen fortolk-

<sup>1)</sup> EN 62305-1.

<sup>2)</sup> DEHN, SD86/E/0315 Surge protection concept for LED street lights, 2015.

<sup>3)</sup> HD 60364-4.



Figur 10. Beslutningsdiagram for implementering af overspændingsbeskyttelse 4).

ning. Derfor anbefales det, at man tager stilling til, hvad konsekvenser er af et mørklagt område, og hvor længe dette i givet fald må være ude af drift.

## 7.2 Beregning af risiko

Risikoen og dermed med behovet for overspændingsbeskyttelse kan simpelt bestemmes ud fra hvilke omgivelser, armaturene installeres i ( $f_{env}$ ), hvordan installationen er udbredt, og hvor høj lydensitet der forekommer i nærområdet,  $N_g$ . Til beregningen anvendes nedenstående formel fra IEC60364-4-44 <sup>3)</sup> for bestemmelse af Calculated Risk Level

$$CRL = \frac{f_{env}}{L_p \times N_g} \begin{cases} CRL < 1.000, \text{ behov for beskyttelse} \\ CRL \geq 1.000, \text{ ingen behov for beskyttelse*} \end{cases}$$



Figur 11. Lynnedslag over Danmark pr. 10 km<sup>2</sup>/år. Kortet er af ældre dato, og vi anbefaler, at man henvender sig til DMI og får data for sin egen kommune eller område. – Et eksempel på opdaterede data ses på figuren til højre.

(CRL). CRL-værdien vil angive, om der er behov for beskyttelse mod transienter af atmosfærisk oprindelse: Formlen angiver, at  $N_g$  er lynhyppigheden,  $f_{env}$  er en miljømæssig faktor, og  $L_p$  beskriver kablernes udbredelse. Lynhyppigheden  $N_g$  (lynnedslag pr. km<sup>2</sup>/år) er vist for Danmark i figur 11. Bemærk venligst, at tallene i figuren er angivet pr. 10 km<sup>2</sup> og dermed skal deles med faktor 10 for at kunne anvendes i formlen for CRL. Den miljømæssige faktor ( $f_{env}$ ) er givet ved

- landdistrikter og forstæder:  $f_{env} = 0,85$
- byer:  $f_{env} = 850$

Udbredelsen af kabler ( $L_p$ ) beregnes således:

$$L_p = 2 \times L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 \times L_{PAH} + 0,2 \times L_{PCH}$$

Hvor

- $L_{PAL}$  er længden (km) af lavspændingsluftledning.
- $L_{PCL}$  er længden (km) af lavspændingskabel i jord.
- $L_{PAH}$  er længden (km) af højspændingsluftledning.
- $L_{PCH}$  er længden (km) af højspændingskabel i jord.

Den totale længde ( $L_{PAL} + L_{PCL} + L_{PAH} + L_{PCH}$ ) er begrænset til 1 km eller for afstanden til første overspændingsbeskyttelse installeret i forsyningen. Hvis længden på distributionsnettet er ukendt, skal  $L_{PAL}$  være lig med den manglende afstand, indtil der opnås en samlet længde på 1 km. Ved at kombinere de forskellige miljømæssige faktorer og begrænse installationens udbredelse til 1 km for nedgravede kabler og 2 km for luftledninger kan CRL udtrykkes som funktion af nedslagshyppigheden, se figur 12 på side 9. Hvis betingelsen for overspændingsbeskyttelse af CRL-værdier under 1.000 anbefales, bør overspændingsbeskyttelse generelt overvejes og integreres i landdistrikter og forstæder uanset kabeltype. For bymiljøer hvor gadearmaturerne og installationen generelt er afskærmet af omkringliggende bygninger, vil overspændingsbeskyttelse anbefales for  $N_g > 0,4$ , hvis installationen er baseret på luftledninger, og  $N_g > 0,8$  for installationer baseret på nedgravede kabler.



<sup>3)</sup> HD 60364-4.

<sup>4)</sup> Global Lightning Protection Service A/S, Transientbeskyttelse, Odense: FABA, 2016.



## 7.3 Cost/benefit-analyse

I henhold til IEC60364-4-44<sup>3)</sup> anbefales det at installere overspændingsbeskyttelse, såfremt den totale omkostning ved opsætning af det enkelte gadebelysningsarmatur overstiger prisen for overspændingsbeskyttelse inklusiv beskyttelse med mere end fem gange.

## 7.4 Krav til inspektion og vedligeholdelse

Kravet og omfanget til inspektion og vedligeholdelse er meget individuelt. Såfremt et højt driftssikkerhedsniveau og lave driftsomkostninger er første prioritet, bør der installeres overspændingsafledere i samtlige installationer. Valget af afleder bør følge den forventede levetid på installationerne, se mere om dette i afsnit 8.2.

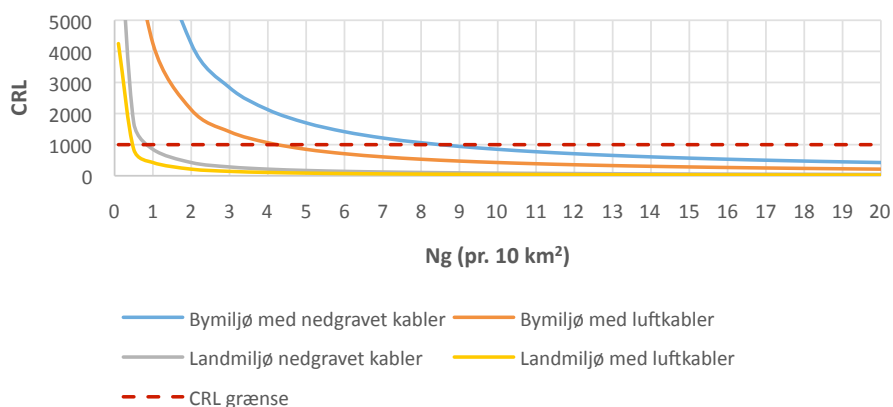
## 8 Valg og implementering af overspændingsbeskyttelse

### 8.1 Hvordan virker overspændingsbeskyttelse

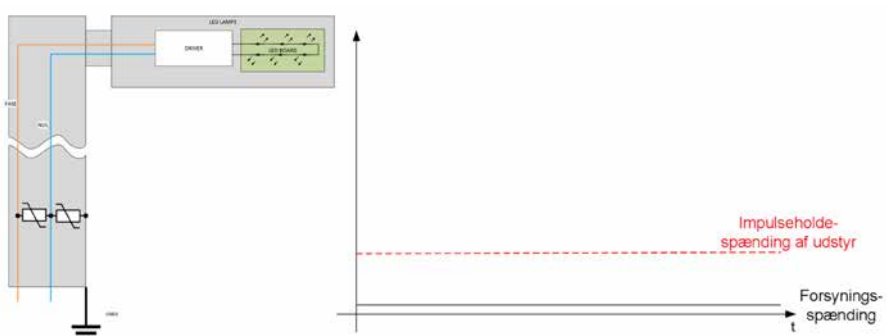
Beskyttelse mod overspændinger udover det, gadearmaturet er udviklet til, opnås ved at installere overspændingsafleder (SPD – Surge Protection Device). Overspændingsafleder (SPD) er eksterne komponenter, som er udviklet til at beskytte det bagved siddende udstyr mod overspændinger. SPD'en integreres foran og i umiddelbart nærhed af den sensitive elektronik. Den krævede *common mode beskyttelse* mod lyntransienter skal installeres mellem fase og nul og mellem nul og jordpotentialt som vist i figur 13, hvor lysmasten anvendes som jordforbindelse.

Når en transient øger spændingen på fase og nul, vil der opstå en kritisk spændingsforskel henover SPD'erne mellem lederne og gadearmaturet på jordpotentialt via lysmasten, som det ses af figur 14. Spændingen over SPD'erne får dem til at aktivere og lave en kortslutning mellem lederne og masten. Når SPD'erne laver den elektriske forbindelse, vil det få strømmen i transienten til at løbe i jorden eller fra jorden, da strømmen kan løbe begge veje. På bagsiden af SPD'en vil der kunne være en lille restspænding tilbage, som kan påvirke gadearmaturet, se den sorte kurve i figur 15. Størrelsen på denne restspænding afhænger af den valgte SPD, og derfor skal valget af SPD koordineres med impulsholdespændingen af gadearmaturet.

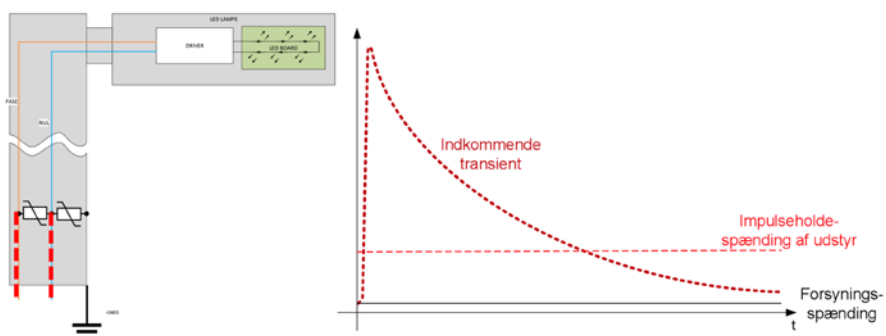
## CRL som funktion af Ng (pr. 10 km<sup>2</sup>)



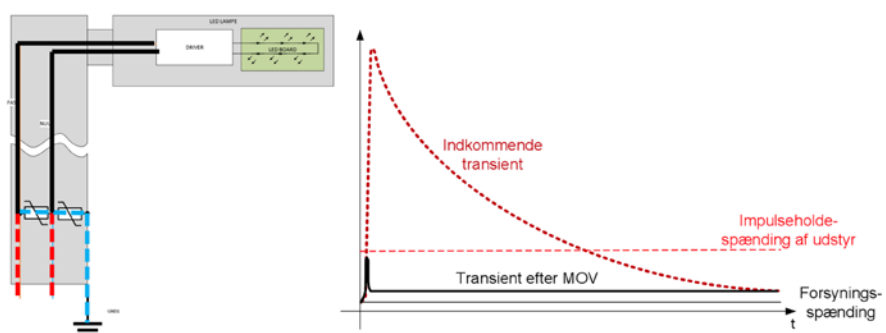
Figur 12. Ved Calculated Risk Level (CRL) under 1.000 anbefales det at integrere overspændingsbeskyttelse i systemet<sup>4)</sup>.



Figur 13. Illustration of overspændingsbeskyttelse implementeret i lysmasten. Ved normal driftsspænding vil SPD'erne virke som afbrydere og dermed ikke påvirke driften. Armaturet har en given impulsholdespænding markant over den normale driftsspænding.



Figur 14. Den indkommende transient øger spændingen på fase og nul i forhold til det lokale jordpotential på masten. Overspændingen aktiverer SPD'erne.



Figur 15. SPD'eren kortslutter, og spændingsforskellen mellem fase, nul, lysmast og gadearmatur udglignes. Strømmen fra transienten føres i jorden, og armaturet udsættes kun for restspændingen (sort kurve), der er under det niveau, som armaturet kan håndtere.

<sup>3)</sup> HD 60364-4.

<sup>4)</sup> Global Lightning Protection Service A/S, Transientbeskyttelse, Odense: FABA, 2016.

## 8.2 Valg af overspændingsbeskyttelse

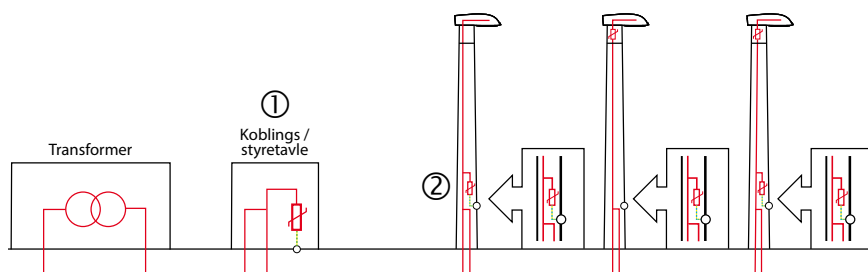
Der findes tre typer overspændingsafledere (SPD). Valget af SPD afhænger af hvilke eksponeringer, man vil beskytte sig imod, og hvilken levetid man ønsker.

- **Type 1** er udviklet til at håndtere dele af lynstrømmen og giver lang levetid.
- **Type 2** er udviklet til at håndtere lavenergiholdige transienter men ikke strømme fra et direkte lynindslag til systemet. Forventet levetid er markant lavere end for type 1, men det er afhængigt af hvilken eksponering, lederne bliver udsat for.
- **Type 3** er udviklet til at blive installeret umiddelbart foran den sensitive elektronik men bør kun installeres i sammenhæng med en type 2 eller højere SPD.

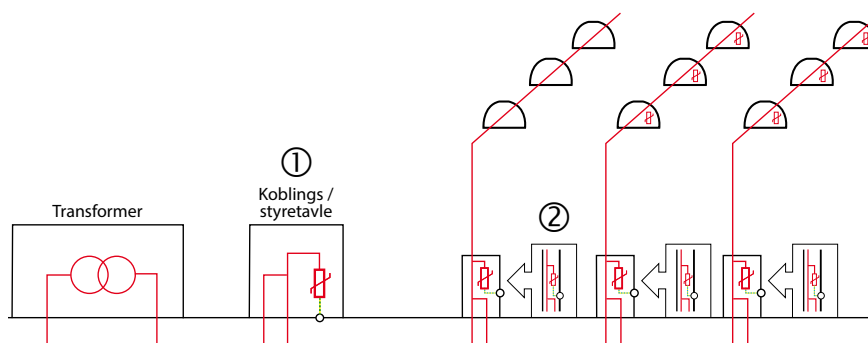
Derudover findes der kombineret type 1+2 SPD. Denne type er udviklet til at håndtere dele af lynstrømmen fra et direkte indslag og har samme lave restspænding som en type 2 SPD. En type 1+2 SPD bør anvendes ved særligt kritiske eller udsatte installationer. Kort fortalt står valget mellem henholdsvis type 1 og type 2 SPD. Hvilken, der for installationen er den rigtige løsning, afhænger af i hvilket niveau, man ønsker at beskytte sig. Type 1 SPD er udviklet for direkte lynnedslag i installationen og kan håndtere meget store energier. Type 1 SPD'er vil give en lang levetid. Type 2 SPD er udviklet til at håndtere lynnedslag på afstand og transienter, som fremkommer af f.eks. kortslutninger, indkoblinger osv. Type 2 SPD vil ikke kun kunne håndtere energien fra et enkelt direkte lynindslag til installationen. Langt de fleste steder vil type 2 SPD dog være tilstrækkelig, da risikoen for indirekte lynnedslag er væsentligt større end direkte. Enkelte steder, hvor der er behov for meget høj driftsikkerhed, kan det føre til valg af type 1 SPD. Dette vil for eksempel være en koblingstavle eller ved særligt centrale installationer.

### 8.3 Hvorledes implementeres lynbeskyttelse i installationer?

Ved implementering af lynbeskyttelse er det vigtigt at huske, at den primære årsag til skader er overspændinger mellem den sensitive elektronik i armaturet og armaturhuset på lokalt jordpotentiale, defineret som common mode transienter. Common mode



Figur 16. Installationsprincip for installation af beskyttelse af belysningsarmaturer på lysmast



Figur 17. Installationsprincip for installation af beskyttelse af belysningsarmaturer på wireophæng

beskyttelse kan kun opnås ved at installere overspændingsbeskyttelsen foran den sensitive elektronik i forhold til lokal jord.

### 8.3.1 Beskyttelse af koblings/styretavle

Beskyttelse placeret i styretavlen er generelt anbefalet for alle installationer. Dette vil give god beskyttelse for eventuelle styreenheder eller anden elektronik placeret i styretavlen, se markering 1 på figur 16. Beskyttelsen i styretavlen vil ikke beskytte armaturer eller andre enheder placeret udenfor styretavlen grundet de lange afstande. Som udgangspunkt anvendes en type 1 eller type 1+2 SPD for at opnå den højeste beskyttelsesgrad.

### 8.3.2 Placering af beskyttelse i lysmast

For optimal beskyttelse mod transient skal overspændingsafledere integreres i samtlige installationspunkter, som vist i figur 16 ved markering 2. Beskyttelse placeret i bunden af mast vil give god beskyttelse for armatur og eventuelt andre enheder i masten (kamera, kommunikationsenheder osv.). Desuden vil beskyttelsen være let tilgængelig ved jordniveau, hvor teknikere kan kontrollere og evt. udskifte beskyttelsen. Beskyttelse placeret i armatur er en mulighed, men da man i Danmark typisk bruger klasse II <sup>2)</sup> materiel, er

det ud fra den nuværende armaturstandard IEC 60598-1 kun muligt at udføre en beskyttelse mellem fase og nul (differentiel mode). Dette kan ikke umiddelbart anbefales.

### 8.3.3 Placering af beskyttelse på wireophængte armaturer

Wireophængte armaturer er generelt svære at beskytte end armaturer monteret på master. Ligesom ved montering på master anbefales det, at implementere overspændingsbeskyttelse i koblings/styretavlen.

For at beskytte armaturerne kan man installere beskyttelsen eksternt i undertavler i gadeniveau, se markering 2 i figur 17. Denne beskyttelse placeret i undertavler diskret fordelt i systemet vil kunne give en mindre beskyttelse for de nærmeste armaturer. De fjerne armaturer vil ved denne løsning være ringe beskyttet grundet de lange kabellængder.

Den optimale løsning vil være at have beskyttelse ved samtlige armaturer. Beskyttelsen kan enten integreres i armaturerne, eller den kan installeres i eksternt samledåse i direkte kombination med armaturerne. For klasse II installationer vil common mode beskyttelse placeret i armatur dog ikke være en mulighed fremover. Ved installation i en eksternt samledåse skal beskyttelsesaflederen forbindes elektrisk til den nærmeste mast.

## 9 Rekommandation

FABAs skrivelse af 14. juni 2016 *Beskyttelse mod lynnedslag i gade-, vej-, og parkbelysning*<sup>5)</sup> sammenfatter kort FABAs samlede anbefalinger. Ovenstående rapport og gennemgang af forskellige påvirkninger og løsninger skal betragtes som et værktøj til rådgivere og belysningsanlægssejere til at beslutte om transientbeskyttelse skal indgå i systemet.

## 9.1 Yderligere assistance

For yderligere assistance eller uddybning kan du for eksempel kontakte DESITEK A/S og Global Lightning Protection Service A/S, der arbejder med beskyttelse med overspændinger og lyntransienter.

## 10 Referencer

- EN 62305-1.
- DEHN, SD86/E/0315 Surge protection concept for LED street lights, 2015.
- HD 60364-4.
- Global Lightning Protection Service A/S, Transientbeskyttelse, Odense: FABA, 2016.
- FABA, Beskyttelse mod lynnedslag i gade-, vej- og parkbelysning, 2016.



<sup>5)</sup> FABA, Beskyttelse mod lynnedslag i gade-, vej- og parkbelysning, 2016.



1. udgave – november 2016 – er udgivet af:

**FABA**

Foreningen af Fabrikanter og Importører af Elektriske Belysningsarmaturer

Engholmvej 19 · 3660 Stenløse

Telefon 40 80 80 11 ·

wg@faba.dk · www.faba.dk