

Optokablar i region- och stamnät

Partiella urladdningar hos optokablar av typ WRAP och LASH installerade på fasledare

Elforsk rapport 02:43

Optokablar i region- och stamnät

Partiella urladdningar hos optokablar av typ WRAP och LASH installerade på fasledare

Elforsk rapport 02:43

Optokablar i region- och stamnät

Partiella urladdningar hos optokablar av typ WRAP och LASH installerade på fasledare

Elforsk rapport 02:43

Håkan Wieck
STRI

Förord

Under år 2000 genomförde STRI, på uppdrag av Vattenfall Elnät, en utredning om användningen av optokablar i regionnäten. Tyngdpunkten var lagd på de elektriska aspekterna och deras koppling till mekaniska och termiska förhållanden, både vid normal drift och vid olika typer av tillfälliga påkänningar. Utredningsrapporten, STRI H00-391, har därefter överlåtits även till Svenska Kraftnät, Birka Energi (numera Fortum) och Sydkraft.

De frågeställningar som uppstår vid användning av optokablar i nät för högre spänning är i många stycken likartade för de ovannämnda nätföretagen. En gemensam planering och finansiering av kommande aktiviteter inom området är därför befogad. Elforsk har därför tagit initiativ till att de fortsatta aktiviteterna samordnas. Utredningsrapporten presenterades för nätföretagens representanter vid ett möte på Elforsk 2001-06-14, med deltagare från Vattenfall, Birka Energi (numera Fortum), Sydkraft samt Svenska Kraftnät. Detta resulterade i fyra rapporter och ett Excelprogram.

Projektets styrgrupp har bestått av Kjell-Åke Persson, Svenska Kraftnät, Göran Rundquist, Vattenfall Västnät, Lars-Eric Johansson, Fortum Distribution, Nils Nordtorp, Sydkraft Elnät Syd samt Åke Sjödin, Elforsk.

Projektet har finansierats av Svenska Kraftnät, Vattenfall och Fortum. Sydkraft har bara deltagit i delen **"Specifikation av testparametrar vid provning av optokablars tålighet mot blixtnedslag"**

Övriga rapporter är:

02:40 Optokablar i region- och stamnät: Beräkning av rymdpotentialer och elektriska fältstyrkor

02:41 Optokablar i region- och stamnät: Specifikation och dimensioneringsregler för optokabelavslutningar

02.42 Optokablar i region- och stamnät: Specifikation av testparametrar vid provning av optokablars tålighet mot blixtnedslag

Stockholm december 2002

Åke Sjödin
Elforsk AB

Sammanfattning

En provmetod för att undersöka förekomsten av partiella urladdningar (PD) på fasledare med optokablar av typ WRAP och LASH beskrivs. Genom att utföra provningen i en koaxialcylinder av metallnät underlättas PD-detektering med UV-kamera. Provspänningen begränsas och metoden medger provning i en väl kontrollerad omgivning. Anvisningar ges för korrigering av provparametrarna för ledartemperatur och ledarkonfiguration och uppgår till ca max 15 % för de ledningar som är aktuella. Detektering med hjälp av både konventionell PD-mätning och UV-kamera ger möjlighet att uppskatta såväl förekomsten av PD, dess lokalisering samt storleken hos urladdningarna hos olika typer av ledningar.

Summary

A test method is described for partial discharges (PD) on phase conductors with fibre-optic cables of type WRAP and LASH. Performance of the test in a coaxial cylinder of wire netting facilitates the PD detection by UV-camera. The test voltage is limited and the method offers testing in a well-controlled environment. Instructions are given for the correction of the test parameters for conductor temperature and configuration and amounts to maximum ca 15 % for the actual conductors.

The PD detection with both conventional PD measurement and UV-camera makes it possible to estimate the occurrence and the location of PD as well as its value for different types of conductors.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	1
1.1	BAKGRUND.....	1
1.2	MÅL	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR.....	1
2	BESKRIVNING AV WRAP OCH LASH	3
3	PARTIELLA URLADDNINGAR	4
3.1	WRAP.....	4
3.2	LASH.....	4
3.3	ELEKTRISKA FÄLTSTYRKOR OCH PARTIELLA URLADDNINGAR.....	5
4	PROVPROGRAM	8
4.1	PROVUTRUSTNING	8
4.2	UTFÖRANDE	9
4.3	DETEKTERING OCH LOKALISERING AV PD.....	10
5	REFERENSER.....	11

Bilagor

A KOSTNADSUPPSKATTNING FÖR PROVNING AV PARTIELLA URLADDNINGAR PÅ FASLEDARE MED OPTOKABEL AV TYP WRAP OCH LASH

1 Inledning

Under år 2000 genomförde STRI på uppdrag av Vattenfall Elnät en utredning om användningen av optokablar i regionnäten [1]. Tyngdpunkten var lagd på de elektriska aspekterna och deras koppling till mekaniska och termiska förhållanden både vid normal drift och vid olika typer av tillfälliga påkänningar. Utredningsrapporten, STRI H00-391, har därefter överlåtits även till Svenska Kraftnät, Fortum (Birka Energi) och Sydkraft.

De frågeställningar som uppstår vid användning av optokablar i nät för högre spänningar är i många stycken likartade för de ovannämnda nätföretagen. En gemensam planering och finansiering är därför befogad. Elforsk har därför tagit initiativet till att de fortsatta aktiviteterna samordnas.

Vid en genomgång på Elforsk med representanter från de ovannämnda företagen samt Vattenfall diskuterades de förslag till fortsatta aktiviteter som redovisats i rapporten. Efter synpunkter från nätföretagen uppdrog Elforsk åt STRI att utreda följande fyra områden:

1. Specifikation och dimensionering för optokabelavlutningar.
2. Specifikation av laddning vid prov av optokablars tålighet mot blixtnedslag.
3. Partiella urladdningar hos optokablar av typ WRAP och LASH installerade på fasledare.
4. Excel-program för beräkning av rymdpotentialer och elektriska fältstyrkor hos enkel och dubbelledningar.

Föreliggande delrapport behandlar punkt 3: Partiella urladdningar hos optokablar av typ WRAP och LASH installerade på fasledare.

1.1 Bakgrund

Vid installation av WRAP och LASH på fasledare hos ledningar för högre systemspänningar, kommer optokabeln att kontinuerligt befinna sig i ett starkt elektriskt fält. Fältstyrkans storlek beror av fasledarens diameter och aktuell driftspänning. Om fältstyrkan är så stor att partiella urladdningar uppstår mellan fasledaren och optokabeln, på optokabelns yta eller i eventuella kaviteter i optokabeln, finns risk att skador uppstår på kabeln eller dess infästningar efter en längre tids drift.

1.2 Mål

Uppskattning av risken för att partiella urladdningar uppstår vid användning av optokablar typ WRAP och LASH, samt förslag till laboratorieundersökningar vid olika kombinationer av lindiametrar och spänningsnivåer.

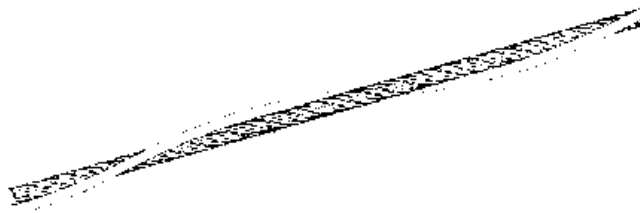
1.3 Avgränsningar

Rapporten behandlar partiella urladdningar som kan uppstå på optokabeln eller mellan optokabeln och fasledaren samt vid olika typer av fästen på fasledaren som används vid förbiledningar, optokabelskarvar och avslutningar fas till jord. Däremot behandlas inte

partiella urladdningar som kan uppstå på optokabelavslutningar. Dessa tas upp i rapporten "Specifikation och dimensioneringsregler för optokabelavslutningar" [2].

2 Beskrivning av WRAP och LASH

Dessa optokablar är fästade direkt på linan och är utförda i isolerande material med begränsad mekanisk hållfasthet. WRAP fästes genom spirallindning, se Figur 2-1.

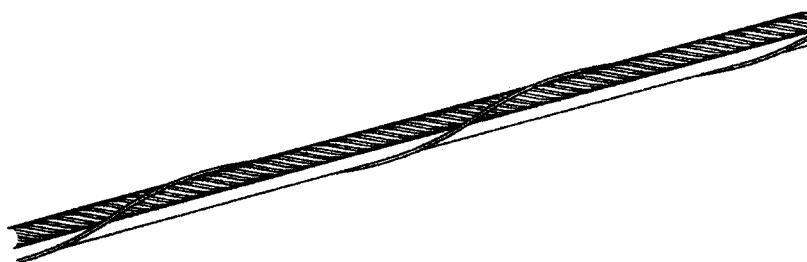


Figur 2-1 Optokabel av typ WRAP på fasledare

Vid LASH-tekniken placeras optokabeln parallellt med fasledaren på dess undersida. Installation kan utföras på några olika sätt.

1. Optokabeln fästes tätt mot fasledaren med en isolerande tråd lindad i spiral runt fasledaren och optokabeln. Tråden kan vara helt isolerande eller bestå av en isolerad ståltråd.
2. Optokabeln fästes tätt mot fasledaren med ett band lindat i spiral. Bandet kan ha ett fästskikt som klistrar fast mot optokabeln och fasledaren.
3. Optokabeln fästes med metallklamrar med en spalt mot fasledaren.

Ett exempel visas i Figur 2-2



Figur 2-2 Optokabel av typ LASH på fasledare

Eftersom båda typerna av optokablar utsätts för starka elektriska fält (radiellt på fasledaren och axiellt i avslutningar mot jord) är de oftast utförda i speciellt tåligt material jämfört med utföranden som används på jordade topplinor.

3 Partiella urladdningar

Partiella urladdningar uppstår på fasledaren om fältstyrkan överstiger luftens elektriska hållfasthet. Fältstyrkan ökar med ökande driftspänning och minskande ledardiameter. Glipor och luftkilar mellan optokabeln och fasledaren ger en fältförstärkning i dessa områden jämfört med fasledaren utan optokabel.

3.1 WRAP

Enligt tillverkare av optokabel för lindning på fasledare kan denna teknik användas upp till en maximal systemspänning av 150 kV. Det är inte klart utsagt vad denna begränsning i spänningsnivå beror på, men det är rimligt att anta att risken för partiella urladdningar mellan fasledaren och optokabeln är en viktig anledning till begränsningen.

Glipor mellan optokabeln och fasledaren uppstår vid linskarvar samt där optokabeln lämnar ledarytan vid passering av stolparna och vid nedledning till en avslutning mot jord. Liknande glipor kan också tänkas uppstå som ett resultat av att fasledaren förlängs vid installationen pga den höga vikten hos lindningsroboten. När fasledaren sedan återgår till normal längd, finns risk för att den kvarvarande mekaniska spänningen i optokabeln blir så låg att glipor uppstår utmed spannet. För att motverka detta sträcks optokabeln under lindningen i vissa konstruktioner där lindningsrobotar används.

Fasledaren består av kardeler av tunnare trådar som är vridna i spiral. Det ger glipor då optokabeln tvärrör över kardelerna. Glipornas utseende varierar beroende på om optokabeln har samma eller motsatt rotationsriktning som kardelerna. Gliporna ligger insänkta i fasledaren och fältet skärmas därför något av de utbuktande kardelerna.

3.2 LASH

Optokabel av denna typ, som fästs på fasledaren, kommer att ge glipor mellan kabel och fasledare på liknande sätt som för WRAP. Gliporna uppträder dock i betydligt större omfattning eftersom kabeln inte är sträckt på samma sätt som hos WRAP. Dessutom kommer tråden som håller optokabeln att ge upphov till liknande glipor.

I konstruktioner där ett självhäftande band används för surring av optokabeln minskar risken för urladdningar mellan bandet och fasledaren. Däremot kvarstår risken i området mellan optokabeln och fasledaren. Utföranden med metallclips som fäster optokabeln minskar inte risken för urladdningar eftersom glipor uppträder mellan clipsen.

Både kabeln och fästordningen utsätts alltså för påkänningar i form av ett elektriskt fält mellan fasledaren och kabeln/fästordningen, med åtföljande risker för partiella urladdningar.

3.3 Elektriska fältstyrkor och partiella urladdningar

För att bedöma risken för att partiella urladdningar uppstår i dessa glipor, kan en enkel uppskattning av fältstyrkan mellan optokabeln och fasledaren göras genom en förenklad betraktelse av hur en optokabel påverkar fältet intill fasledaren. Om man antar att fältet omedelbart intill fasledarens yta är homogent, dvs att det inte förändras mycket vid en liten förflyttning ut från ledaren, kan följande resonemang användas:

Den elektromagnetiska fältteorin säger att en dielektrisk cylinder i ett homogent fält med fältstyrkan E_h får på ytan en maximal fältstyrka av storleken

$$E_{max} = E_h (1 + (\epsilon - 1)/(\epsilon + 1))$$

Med $\epsilon = 2 - 3$ (typiska värden för en optokabel) fås alltså en förstärkning av det homogena fältet med faktorn $k = 1,3$ till $1,5$.

Värden på E_h intill fasledaren kan beräknas med ett Excelprogram enligt [3]. Vi antar här att fältstyrkan är i det närmaste homogen intill ledaren. I Tabell 3-1 visas resultaten av beräkningar för en 130 kV-ledning med systemspänningen 145 kV, fasavståndet 4 meter, för olika diametrar hos fasledaren.

Tabell 3-1 Beräknad elektrisk fältstyrka mellan optokabel och fasledare

Fasledare mm ²	Ledardiameter mm	E_h kV _{rms} /cm	E_{max} vid $\epsilon = 2$ kV _{rms} /cm	E_{max} vid $\epsilon = 3$ kV _{rms} /cm
593	31,7	9,8	13	15
329	23,6	12,4	16	19
234	19,9	14,3	19	22

Partiella urladdningar på en ledare uppstår när fältstyrkan uppnår ett kritiskt värde, som beror på ledardiametern, ytstrukturen och luftens temperatur och tryck. För cylindriska ledare gäller empiriskt Peek's formel [4] för den kritiska fältstyrkan:

$$E_c = mE_0\delta\left(1 + \frac{K}{\sqrt{\delta \cdot r_c}}\right)$$

där E_c är tändfältstyrkan för partiell urladdning (PD), $E_0 = 21,1$ kV_{rms}/cm och $K = 0,301$ vid växelspanning och parallella ledare. δ är en densitetsfaktor som beror på luftens tryck och temperatur. $\delta = 1$ vid 25°C och 101,3 kPa. δ är den relativa luftdensiteten och ges av:

$$\delta = \frac{273 + t_0}{273 + t} \cdot \frac{p}{p_0}$$

där t_0 och p_0 är referensvärden för temperatur och lufttryck 25°C resp 101,3 kPa. t och p är rådande temperatur och tryck

Lufttemperaturen har den största inverkan på δ som minskar med ökande lufttemperatur. Vid vindstilla och hög strömbelastning värms luften upp på ledarens yta och ger ytterligare en minskning av δ . r_c är ledarens radie i cm och m är en faktor som beror på ledarens ytojämnhet, regn, dimma och nedsmutsning. För en idealisk slät ledare är $m = 1$. För åldrade ledare med kardeler är värdet på m i storleksordningen 0,6 - 0,8. m är den faktor som har störst inverkan på E_c .

Inverkan av m och δ på tändfältstyrkan har beräknats för ledardiametern 19,9 mm i exemplet ovan med hjälp av Peek's formel.

Tabell 3-2 Tändfältstyrka för PD på cylindriska ledare enligt Peek's formel

E_0 kV _{rms} /cm	K	t_0 °C	t °C	δ	r_c cm	m	E_c kV _{rms} /cm	Anm.
21,1	0,301	25	25	1	0,995	1	27,5	ideal ledare
21,1	0,301	25	25	1	0,995	0,8	22,0	
21,1	0,301	25	50	0,92	0,995	0,8	20,5	
21,1	0,301	25	50	0,92	0,995	0,6	15,3	

För en ideal cylindrisk ledare är tändfältstyrkan 27,5 kV_{rms}/cm enl formeln. Värdet på m är mycket svårt att uppskatta och i litteraturen varierar m från 0,3 till 0,85 [4]. På en ledare med kardeler uppskattas m till 0,6-0,8. Tändfältstyrkan reduceras med 20 till 45% om man även tar hänsyn till hög drifttemperatur.

Fältförstärkningen från en optokabel på ledaren enligt Tabell 3-1 visar för $m = 0,8$ att det finns risk att PD kommer att uppträda på ledaren med den minsta diametern. Med $m = 0,6$ finns det risk för PD även för större ledardiametrar vilket visas i

Tabell 3-3 där även två större ledardiametrar ingår. Värdena i Tabell 3-1 förutsatte att bakgrundsfältet är homogent. På en ledare med kardeler är inte fältet helt homogent och därför kommer fältförstärkningen från optokabeln att bli något lägre, uppskattningsvis 1,2 gånger bakgrundsfältet. Även detta tas hänsyn till i

Tabell 3-3 genom att en extra kolumn införts.

Tabell 3-3 Jämförelse mellan tändfältstyrka och E-fält på ledare uppbyggda av kardeler

t °C	δ	r_c cm	m	E_c kV _{rms} /cm	E_h kV _{rms} /cm	E_{max} k = 1,5 kV _{rms} /cm	E_{max} k = 1,2 kV _{rms} /cm
50	0,92	1,585	0,8	19,4	9,8	14,7	11,8
50	0,92	1,180	0,8	20,1	12,4	18,6	14,9
50	0,92	0,995	0,8	20,5	14,3	21,5	17,2
50	0,92	1,585	0,6	14,6	9,8	14,7	11,8
50	0,92	1,180	0,6	15,0	12,4	18,6	14,9
50	0,92	0,995	0,6	15,3	14,3	21,5	17,2

Genom att jämföra E_c med E_{max} för fältförstärkningsfaktorn $k = 1,5$ respektive $k = 1,2$ får man en uppfattning om risken för partiella urladdningar för de olika ledardiametrarna vid hög temperatur. Riskbedömningen beror till stor del på värdena på m och k . Båda är osäkra och inte möjliga att beräkna exakt. Resultaten visar dock att fältstyrkan hamnar i det kritiska området där PD kan uppträda. Därför är provning av partiella urladdningar på aktuella ledare och optokablar att rekommendera.

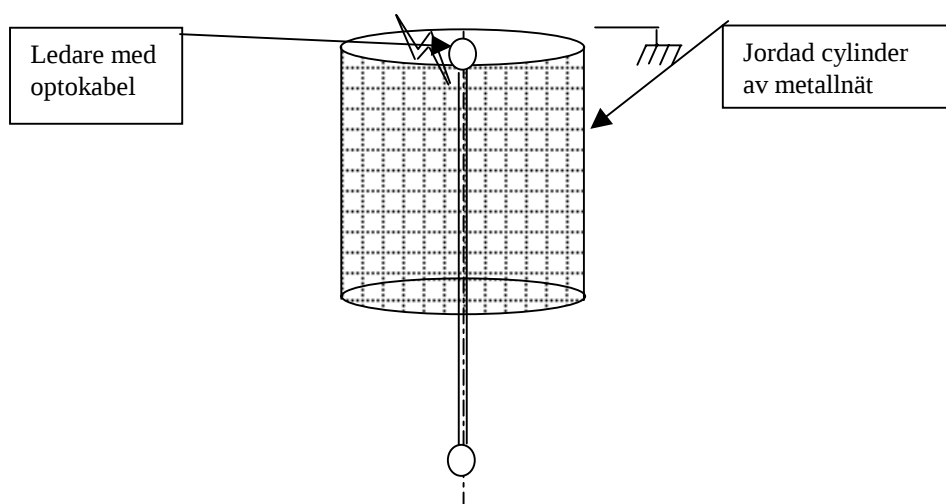
4 Provprogram

Ett provprogram föreslås där en optokabel på ledare med olika diametrar provas med avseende på partiella urladdningar. Som referens provas motsvarande ledare utan optokabel. Dimensioner på ledare och optokablar bestäms av beställaren. Vissa tillverkare av optokablar har angett 150 kV systemspänning som en övre gräns för applicering av WRAP och LASH men inte klargjort skälet till detta. Provning av högre spänningar kan därför vara av intresse för att se var gränsen för PD går. I Norrland där vissa 145 kV-linjer går med högre spänning motiverar det också att prova vid högre systemspänning t.ex. 170 kV.

Partiella urladdningar detekteras med hjälp av UV kamera och PD-mätutrustning.

4.1 Provutrustning

Ledaren placeras i centrum av en vertikal cylinder av metallnät enl Figur 4-1.



Figur 4-1 Provuppställning för PD-detektering på ledare med optokabel

Cylindern kan tillverkas av hönsnät eller annat metallnät, som fästes på en stödstruktur av isolerande material. Diameter ska vara minst 100 cm. Cylinderns ändar kan behöva förses med skärmande toroider för att ge ett homogent fält på ledaren och undvika störande urladdningar på cylindern. Optokablar av typ WRAP och LASH monteras på de olika ledardiametrarna som kan förekomma och placeras i centrum av cylindern. Ändarna ska sticka ut motsvarande en cylinderradie och förses med skärmkylor. För att undvika överslag till cylindern får medelfältstyrkan mellan ledaren och cylindern inte överstiga 3,5 kV/cm.

4.2 Utförande

Som referens provas först ledare utan optokabel med avseende på tändspänning och släckspänning för PD. Ledare med optokabel provas därefter vid den spänning som ger samma fältstyrka på ledaren som på fasledaren hos den aktuella ledningstypen, korrigerad för temperatur och provarrangemang enligt Peek's formel. Den maximala fältstyrkan hos den aktuella ledningen beräknas med hjälp av Excelprogrammet i [3]. Fältberäkningarna utförs på ledare utan optokabel. Därefter bestäms spänningsnivåerna för tänd- och släckspänning för PD hos ledare med optokabel. Tänd- och släckspänningarna kan därefter räknas om till motsvarande spänningar hos ledningen med hjälp av Excelprogrammet.

4.2.1 Korrigering för temperatur och provarrangemang

Som nämndes i avsnitt 3.3 varierar tändfältstyrkan för partiella urladdningar med faktorerna m och δ i Peek's formel. För olika ledarkonfigurationer varierar även de empiriska storheterna E_0 och K enl Tabell 4-1

Tabell 4-1 Empiriska konstanter i Peek's formel för olika ledarkonfigurationer

	Parallella ledare	Koaxialgap
E_0	21,1	21,9
K	0,301	0,308

Detta resulterar i en ökning av tändfältstyrkan E_c för ett koaxialgap jämfört med parallella ledare. Provfältstyrkan måste då ökas med lika mycket för att resultaten ska gälla för förhållandena på kraftledningen. Korrigeringarna framgår av Tabell 4-2 för några olika ledardiametrar. I tabellen finns även korrigering för högre fasledartemperatur hos ledningen än vid provningen som sker i rumstemperatur.

Tabell 4-2 Korrigering av tändfältstyrka för PD i koaxialgap

Ledar-diam cm	Temp ledning °C	Temp prov °C	δ_1 ledning	δ_2 prov	m	E_C (ledning) kV _{rms} /cm	E_C (prov) kV _{rms} /cm	Korrigerings-faktor
3,17	20	20	1,017	1,017	0,8	21,2	22,1	1,04
2,36	20	20	1,017	1,017	0,8	21,9	22,8	1,04
1,99	20	20	1,017	1,017	0,8	22,3	23,3	1,04
3,17	50	20	0,923	1,017	0,8	19,4	22,4	1,15
2,36	50	20	0,923	1,017	0,8	20,1	23,1	1,15
1,99	50	20	0,923	1,017	0,8	20,5	23,5	1,15

Korrigerad av provfältstyrkan för ledningens systemspänning 145 kV visas i Tabell 4-3. Provspänningen för en cylinder med diametern 100 cm fås ur formeln

$$U = E \cdot r \cdot \ln \frac{R}{r}$$

där U är provspänningen, E fältstyrkan på ledarytan, r ledarens radie och R radien på cylindern. Resultat för 145 kV systemspänning visas i den högra kolumnen i Tabell 4-3.

Tabell 4-3 Korrigering av provfältstyrka

System-spänning kV	Ledar-diameter mm	Fältstyrka på ledningen kV/cm	Korrigerings- faktor	Fältstyrka vid prov kV/cm	Cylinder- diameter cm	Prov- spänning kV
145	31,7	9,8	1,04	10,2	100	56
145	23,6	12,4	1,04	12,9	100	57
145	19,9	14,3	1,04	14,9	100	58
145	31,7	9,8	1,15	11,3	100	62
145	23,6	12,4	1,15	14,3	100	63
145	19,9	14,3	1,15	16,4	100	64

Vid mätning av tändspänning på ledare utan optokablar behöver fältstyrkan ökas till 22-23 kV_{rms}/cm för att PD skall uppträda enligt Tabell 4-2. För att överslag inte ska ske mellan ledare och cylinder får medelfältstyrkan inte överskrida 3,5 kV/cm. Beräknade tändspänningar för ledare utan optokabel samt medelfältstyrka för provuppställningen visas i Tabell 4-4, där det framgår att medelfältstyrkan inte överskrider 3,5 kV/cm.

Tabell 4-4 Provspänning och medelfältstyrka vid PD på ledare utan optokabel

Ledardiam. mm	Fältstyrka vid prov kV _{rms} /cm	Cylinderdiam cm	Provspänning kV	Medelfältstyrka kV _{rms} /cm
31,7	22,1	100	121	2,50
23,6	22,8	100	101	2,06
19,9	23,3	100	91	1,85
31,7	22,4	100	123	2,53
23,6	23,1	100	102	2,09
19,9	23,5	100	92	1,87

4.3 Detektering och lokalisering av PD

Detektering av PD sker med hjälp av UV-kamera och med konventionell PD-mätning enligt IEC 60270 [5].

Genom att cylindern är utformad som ett genomsynligt nät underlättas lokaliseringen av PD med UV-kameran. UV-kameran kan lokalisera urladdningarna, men kan inte mäta urladdningens storlek. UV-kamerans känslighet är dock <10pC, dvs. av samma storleksordning som vid PD-mätning.

Detektering med hjälp av både konventionell PD-mätning och UV-kamera ger möjlighet att uppskatta såväl förekomsten av PD, dess lokalisering samt storleken hos urladdningarna.

5 Referenser

- [1] Lundquist J, Karlsson D, Gutman I, Engelbrecht C, Berlijn, S "Optokablar i regionnäten", STRI Rapport H00-391, 12 2000.
- [2] Wieck H; "Specifikation och dimensioneringsregler för optokabelavslutningar", Elforsk 2002
- [3] Lundquist J; "Beräkning av rymdpotentialer och elektriska fältstyrkor", Elforsk 2002
- [4] Maruvada P. S; "Corona Performance of High-Voltage Transmission Lines", p82, Research Study Press, England, 2000
- [5] IEC Standard 60270:2000-12, "High-voltage test techniques – Partial discharge measurements"

Bilagor

A Kostnadsuppskattning för provning av partiella urladdningar på fasledare med optokabel av typ WRAP och LASH

En kostnadsuppskattning har gjorts för provning av PD på fasledare med optokabel av typ WRAP och LASH enligt den föreslagna metoden. Kostnaden baseras på STRI's provningstaxor för 2002 och består av följande delar:

Konstruktion och tillverkning av provcylinder	10 kSEK
Uppkoppling av provkrets och mätning på ett provföremål	65 kSEK
Kostnad för varje tillkommande provföremål	20 kSEK

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB

Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31

Telefon: 08-677 25 30. Telefax 08-677 25 35

www.elforsk.se