

## Poruchy na kombinovanom zemnom lane

Skoršepová Terézia · Elektrotechnika

09.12.2013



Zemné laná respektíve kombinované zemné laná sú neoddeliteľnou súčasťou VVN a ZVN vedení. Článok sa komplexnejšie zaoberá konštrukciou zemných a kombinovaných zemných lán a rozdielmi medzi nimi. V druhej časti článku sa zaoberáme reálnym prípadom vzniknutej poruchy kombinovaného zemného lana na 110 kV vedení a následnej analýze dočasného odstránenia tejto poruchy.

### Úvod

Zemné laná sa používajú pri VVN a ZVN vedeniach. Ich hlavnou úlohou je ochrana vodičov pred úderom blesku. Zemné laná vzájomne prepájajú stožiare jednotlivých úsekov vedení. Nachádzajú sa na úplnom vrchole stožiara (nad ostatnými vodičmi) a sú vodivo spojené so stožiarom. Sú spojené priamo alebo cez iskrište na viacerých miestach so zemou. Zemné laná sa používajú ako AlFe laná alebo ako kombinované AlFe laná s optickými vláknami. Teda kombinované zemné lano (OPGW) je kombináciou zemného AlFe lana a optických vlákien. [1]

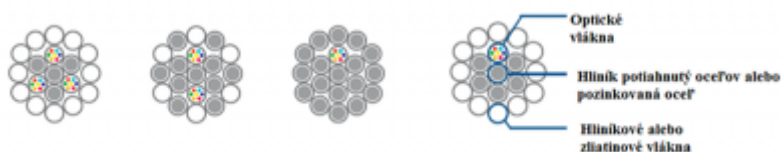
Vo všeobecnosti je vhodnejšie používanie lán ako drôtov. Laná sú ohybnejšie a bezpečnejšie v prevádzke. Majú rovnomernú konštrukciu jednotlivých tenších drôtov. Ich veľkou výhodou je, že pri poruche jedného drôtu v lane nedochádza zväčša k znehodnoteniu celého lana. Pri stáčaní lán je potrebné aby vrstvy boli proti sebe a aby na seba dobre priliehali. Všetky drôty lana majú byť namáhané pri obvyklom používaní podľa možnosti rovnako. Vonkajšia vrstva musí byť pravotočivá a stúpanie vinutia drôtov nesmie byť menšie ako 10-násobný ani väčšie ako 13-násobný priemer drôtov.

### Konštrukcia zemných lán

Laná možno vyrábať kombináciou drôtov z rôznych materiálov. Najviac sa osvedčila kombinácia hliníkového lana s ocelovou dušou (AlFe laná). Tento typ lán bol navrhnutý v roku 1907. AlFe laná spájajú dobrú vodivosť hliníka s dobrou pevnosťou ocele. Majú väčší priemer ako medené laná s rovnakou vodivosťou. Veľký priemer AlFe lán pre VVN zabraňuje vzniku koróny. Nevýhodou AlFe lán je ich náchylnosť na chvenie a preto sa pri nich používajú vhodné ochrany. [1]

Hlavné konštrukčné parametre rozdelujeme do troch skupín a to mechanické, optické a elektrické parametre. Medzi mechanické zaradujeme minimálne zaťaženie na medzi pevnosti, maximálnu povolenú hmotnosť a priemer, minimálny modul pružnosti a

maximálny koeficient dĺžkovej rozťažnosti. Do elektrických parametrov patrí minimálny skratový prúd a minimálny odpor. Keďže ide o zemné kombinované lano sú podstatné aj vlastnosti optických vlákien. Ide hlavne o počet a typ optických vlákien, ich umiestnenie a útlm.



Obr. 1 Štandardná konštrukcia kombinovaných zemných lán [1]

Okrem usporiadania uvedenom v predchádzajúcom obrázku je možné integrovať optické vlákna centrálne to stredú celého usporiadania do samostatnej antikorovej trubice. Každá takáto trubica je hermeticky uzavretá a toxiropne plnená aby poskytovala vloženým optickým vláknám najlepšiu možnú ochranu. Optické vlákna sa integrujú do kombinovaných zemných lán na základe medzinárodných telekomunikačných noriem ITU - T G.652 - Vlastnosti singlemódového optického vlákna a káblov, ITU - T G.655 - Vlastnosti singlemódového optického vlákna a káblu s posunutou nulovou disperziou.

V kombinovaných zemných lanách je možné využiť multimódové aj singlemódové optické vlákna. Rozdiel medzi nimi spočíva v počte šíriacich sa lúčov (módov) vo vlákne. V prípade singlemódového vlákna sa vo vlákne šíri jeden lúč (mód) pričom pri multimódovom sa prenáša viac lúčov. Vo všeobecnosti sa v muldimódových vláknach vyskytuje tzv. módová disperzia, ktorá spočíva v prenesení jednotlivých módov od vysielača k prijímaču za rôzny čas. Tento jav sa dá odstrániť tzv. gradientným indexom lomu, ktorý módoú disperziu odstráni tým, že rýchlosť šírenia je pri nižšom indexe lomu vyššia ako v strede vlákna, kde je rýchlosť šírenia pomalšia.



Obr. 2 Ukončenie zemného kombinovaného lana

Kombinované zemné lano musí spĺňať technické parametre podľa normy EN 50182 pre vonkajšie vedenia a zároveň podľa normy IEC 60794 pre káble z optických vlákien.

Existuje niekoľko základných konštrukcií kombinovaného zemného lana od ktorých sa ďalej odvíja ich použitie a dizajn. Napríklad kombinované zemné lano z legovaného hliníka s optickými vláknami uloženými v nerezových trubičkách alebo v trubičkách mimo centra lana. Ďalšou možnosťou sú kombinované zemné laná z legovaného hliníka a pohliníkových ocelových drôtov (ACS) s optickými vláknami uloženými v mimocetrálnej trubičke z nerezovej ocele. Alebo kombinované zemné lano s optickými vláknami uloženými v centrálnej trubičke z nerezovej ocele, pričom trubička s optickými vláknami tvorí jadro pramena.

Vonkajšie vrstvy pozostávajú z kombinácie hliníkových drôtov z legovaného hliníka a pohliníkových ocelových drôtov. Je možné použiť aj drôty z hrubo pozinkovanej ocele. Pri prevádzke, inštalácií ale aj pri skladovaní musia byť dodržané technické podmienky, jedná sa o dodržiavanie vyššej spomínaných noriem EN 50182 a IEC 60794 a zároveň aj teplotné rozsahy pri prevádzke, skladovaní a pri inštalácií. V nasledujúcom obrázku uvádzame príklad značenia kombinovaných zemných lán.

### **Vzniknutá porucha na zemnom kombinovanom lane typu F-501EC-297 a jej odstránenie**

Najčastejšou poruchou na zemnom kombinovanom lane je pretrhnutie jednotlivých prameňov ( vláknien, drôtov) resp. následné pretrhnutie celého lana.



*Obr.3 Detail na pretrhnuté pramene na kombinovanom zemnom lane F-501EC-297*

Obr.3 znázorňuje detail na čiastočne pretrhnuté hliníkové pramene zemného kombinovaného lana typu F-501EC-297 na 110kV vedení. Ide o typ AlFe lán s 2 až 12 optickými vláknami s útlmou optických vláknien pri vlnovej dĺžke 1300 nm 0,40 dB/ km. Porucha nastala na 110 kV vedení v ľahkej námrazovej oblasti definovanej podľa STN 33 3300 a oblasti znečistenia Z - I a Z - II definovaných podľa normy STN 33 0405.

*Tabuľka.1 Parametre 110 kV vedenia*

<b>Menovité napätie</b>	110 kV
<b>Fázové napätie</b>	63,6 kV

<b>Max. prevádzkové napätie</b>	123 kV
<b>Kmitočet</b>	50 Hz
<b>Prúdová sústava</b>	trojfázová
<b>Počet systémov</b>	Jeden ( v časti vedenia sú použité stožiare pre 3 resp. 4 stožiare )

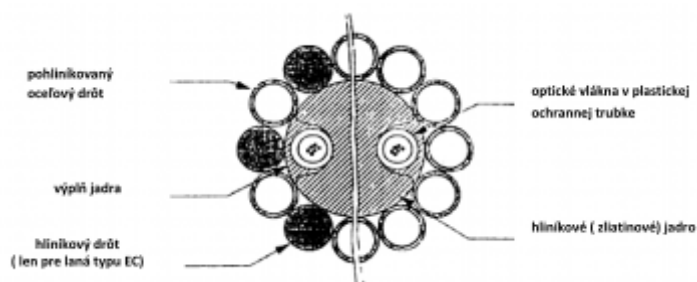
### 3.1 Vodiče a zemné laná

Ako vodiče sú použité hliníkové laná s ocelovou dušou typu AlFe 185/31 a typu AlFe 240/39. Za predpokladu namáhania pri zníženej teplote na  $-5^{\circ}\text{C}$  a námraze je predpokladané namáhanie lán pre AlFe 180/31 90 MPa a pre lano AlFe 240/39 je to 86 MPa na bežnej trase. Na opisovanej linke je použité zemné kombinované lano F-501EC-297. Jeho parametre udávame v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka.2 Parametre zemného kombinovaného lana F-501EC-297

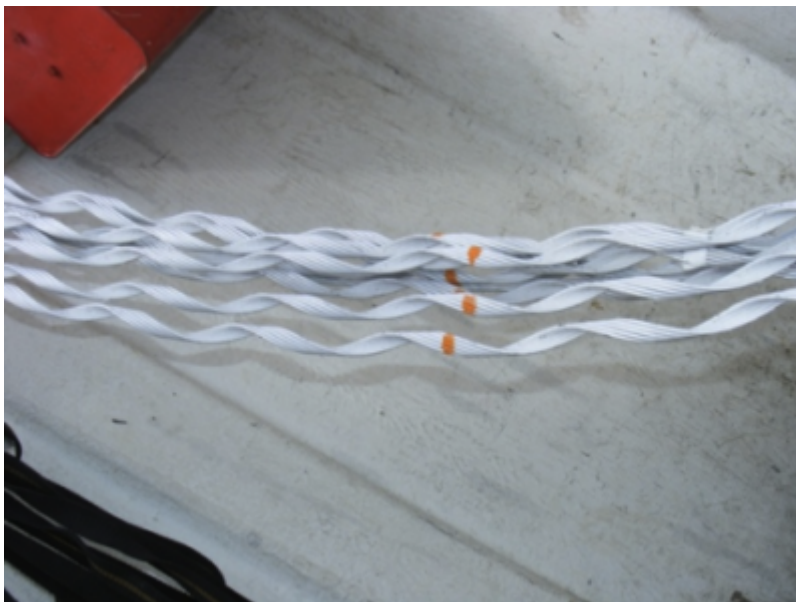
Parameter lana	Jednotka	F-501EC-297
počet Al drôtov	ks	6
počet Fe drôtov	ks	6
priemer Al drôtov	mm	2,59
priemer Fe drôtov	mm	2,59
priemer Al jadra	mm	7,54
vonkajší priemer	mm	12,73
celkový prierez	mm	93,33
prierez Al jadra	mm	30,19
celková hmotnosť	kg/m	0,400
modul pružnosti	MPa	100528
max. dovolené mechanické napätie	MPa	176,604
odpor pri $20^{\circ}\text{C}$	$\Omega/\text{km}$	0,43
skratová odolnosť	kA/s	9,49
max. útlm pri $\lambda = 1300 \text{ nm}$	dB/km	0,40
počet optických vlákien	ks	2-12

Na kombinovanom zemnom lane je použitý tlmič vyrobený z nárazuvzdorného PVC. Inštaluje sa do rozpätia 244 m jeden kus na oboch stranách rozpätia a nad 244 m sa inštalujú dva kusy na oboch stranách rozpätia, inštalujú sa na šírku dlane od konca špirály, druhý od prvého opäť na šírku dlane.



*Obr.4 Konštrukcia kombinovaného zemného lana typu F-501EC-297*

Vplyvom namáhania došlo na kombinovanom zemnom lane k mechanickej poruche – rozdrhnutiu jednotlivých hliníkových vlákien a následnému poškodeniu celistvosti lana. Poškodenie spravidla nastáva pri zásahu blesku do zemného lana, alebo pri náhodnom mechanickej poškodení pri zásahu zemného lana projektilom. Pri poškodení došlo k roztrhnutiu vrchných hliníkových vlákien AlFe lana ale oceľová duša a optické vlákna neboli poškodené, teda prenos dát optickými vláknami bol zachovaný.



*Obr.5 Opravná špirála použitá na spevnenie OPGW*

Ako dočasné odstránenie poruchy na OPGW bola použitá metóda spevnenia lana pomocou opravnej špirály, ktorá je zobrazená na Obr.5. Cieľom opravy bolo obnovenie elektrickej a mechanickej funkčnosti pri zachovaní prenosu dát cez optické vlákna OPGW. Opravná špirála bola ovinutá v celej dĺžke poškodeného úseku a uchytená špeciálnymi príchytkami, čo je znázornené na Obr.6.



*Obr.6 Ovinutie poškodeného úseku kombinovaného zemného lana a prichytenie opravnej špirály*

Tento typ opravy kombinovaného zemného lana je v prípade takejto poruchy len

dočasný, nakoľko je potrebné lano na danom úseku vymeniť. Keďže nedošlo k poškodeniu duše OPGW, teda ani k poškodeniu optických vlákien je možné lano dočasne prevádzkovať, ale len v obmedzenej dobe, kým nedôjde k jeho výmene. Konečná oprava poškodeného úseku zemného lana spočíva v jeho výmene za nové zemné lano s rovnakými parametrami. Takáto konečná oprava si vyžaduje aj rozpojenie komunikačnej cesty cez optické vlákna a jej opätovné obnovenie, to je doplnenie spojovacích krabíc a spojok na optických vláknach a celkovú diagnostiku optického prenosu s overením jeho funkčnosti.



(a)



(b)

*Obr.7 a) Poškodené kombinované zemné lano, b) Opravené kombinované zemné lano*

Detail poškodeného a opraveného kombinovaného zemného lana je znázornený na Obr.7 a) a b). Ako sme už vyššie uviedli ide o dočasné odstránenie poruchy a trvalá

oprava OPGW v danom úseku spočíva v jeho výmene na celom tomto úseku. Momentálnym cieľom dočasnej opravy lana, bolo obnovenie elektrických a mechanických vlastností s prioritou zachovania prenosu dát cez optické vlákna lana.

## Záver

Kombinované zemné laná sú neoddeliteľnou súčasťou VVN a ZVN vedení. V nami rozoberanom prípade poruchy OPGW na 110kV vedení sme sa zaoberali okrem analýzy poruchy a jej odstránenia aj bližšou charakterizáciou kombinovaných zemných lán a rôznymi druhmi konštrukcií hlavne z hľadiska umiestnenia a rozloženia optických vlákien v rôznych typoch OPGW. Ako sme viackrát spomenuli v predchádzajúcom texte v tomto prípade ide o dočasné odstránenie poruchy a úplná oprava daného úseku spočíva vo výmene kombinovaného zemného lana na vyššie uvedenom úseku 110 kV vedenia.

## Podakovanie



Tento článok vznikol vďaka podpore v rámci Operačného programu Výskum a vývoj pre projekt “Centrum priemyselného výskumu prevádzkovej životnosti vybraných komponentov energetických zariadení” (ITMS: 26240220081), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja“. Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku / Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

## Literatúra

1. NKTALBLES, OPGW, OPPC AND ACCESSORIES (CATALOGUE.: dostupné online: <http://www.nktcables.com/support/download/catalogues-and-brochures/high-voltage-and-offshore/~media/Files/NktCables/download%20files/com/OPGWOPPC.ashx>
2. LS CABLES, LS OPGW SYSTEM (CATALOGUE) dostupné online: [http://m.lscns.com/catalogs/LS\\_OPGW\\_EN\\_0605.pdf](http://m.lscns.com/catalogs/LS_OPGW_EN_0605.pdf)
3. ALF GLOBAL, 2013 fiber optic products for the mining industry (catalogue), dostupné online: <http://www.aflglobal.com/productionFiles/resources/catalogs/AFL-Mining.pdf>
4. MUÑOZ AGUIAR,A.-, SOTELDO PÉREZ M.J., Experience in OPGW Cables Selection for Overhead Transmission Live Lines ( 2006), IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition Latin America, Venezuela

Jaroslav Lelák, Ústav elektrotechniky a aplikovanej elektrotechniky, Oddelenie materiálov a technológií, Slovenská Technická Univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovakia

