

ISKUSTVA U PRIMJENI LINIJSKIH ODVODNIKA PRENAPONA NA DV 35 kV

MR.SC. DOMAGOJ MILUN, DIPL.ING.

Z. ČAKTAŠ, DIPL.ING.

HEP ODS D.O.O. ELEKTRODALMACIJA SPLIT

UVOD

Atmosferski prenaponi – najčešći uzrok ispada i kvarova nadzemnih srednjenaponskih vodova, poglavito vodova nazivnog napona 35 kV

Osnovni razlozi:

- velika gustoća udara munje u tlo (broj udara/km²/god)
- visok specifični otpor tla → visok otpor uzemljenja stupova

Zadaća: smanjenje broja ispada i kvarova od atmosferskih prenapona

Pristup rješavanju problema ugradnjom linijskih odvodnika prenapona:

- analiza statističkih podataka o ispadima i kvarovima na vodu
- analiza prenaponskih (preskočnih) značajki voda
- izbor i ugradnja linijskih odvodnika prenapona
- praćenje statistike ispada i kvarova nakon ugradnje LOP

korektivne radnje



DV 35 kV TROGIR – MARINA

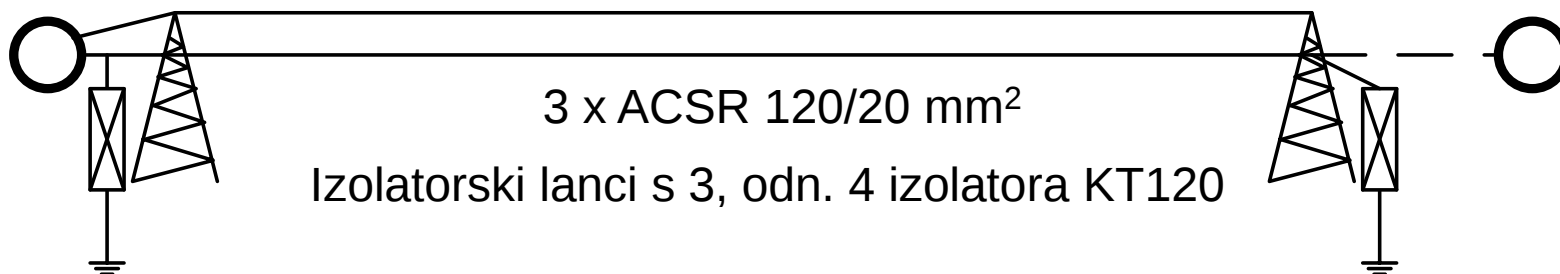
Osnovni tehnički podaci

TS 110/35 kV
Trogir

$l = 11.916 \text{ km}$

TS 35/10 kV
Marina

Če III 50 mm²



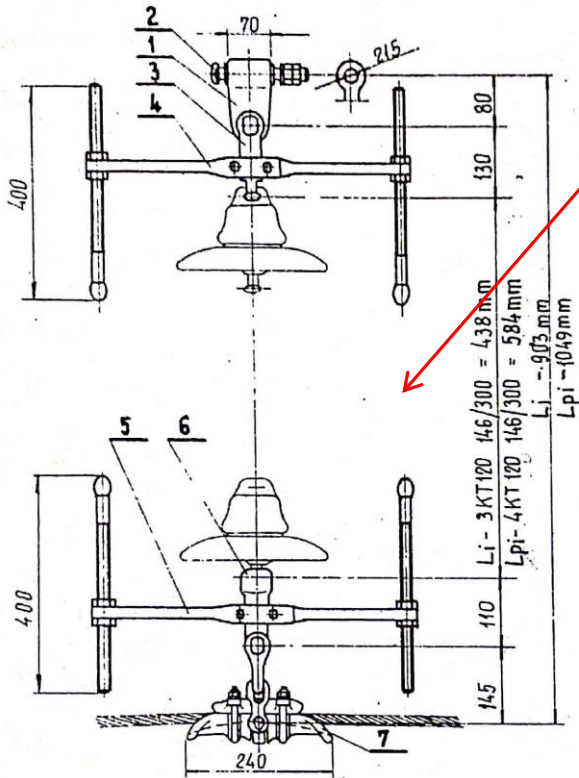
Ostali podaci:

- Broj stupova: 47 čel. rešet. (39 nosnih i 8 zateznih)
- Oblik glave stupa: jednosustavni, tip jela
- Prosječni raspon: 254 m
- Specifični otpor tla (ρ): $> 1000 \Omega\text{m}$ (tipični krški teren)
- Uzemljenje neutralne točke: preko malog otpora ($I_0 \leq 300 \text{ A}$)

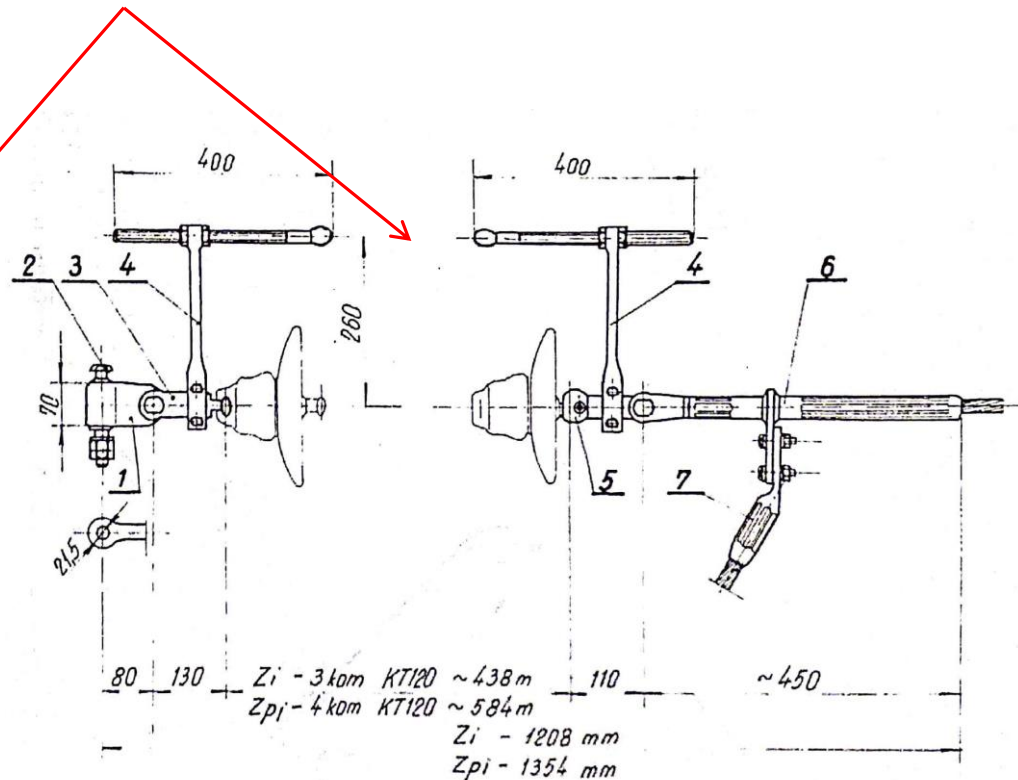
DV 35 kV TROGIR – MARINA

Izolatorski lanci sa zaštitnim regulacijskim iskrištima

zaštitno iskrište – razmak = 15cm



Nosni izolatorski lanac



Zatezni izolatorski lanac

DV 35 kV TROGIR – MARINA

Statistika prekida i kvarova (prije ugradnje LOP)

Tablica I: Ispadi DV izazvani atmosferskim pražnjenjima

Godina	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.
Prolazne smetnje	8	18	12	5	10	6	19
Kvar	2	3	5	3	2	3	4
Ukupno ispada DV	10	21	17	8	12	9	23
Trajanje (h:min)	4:58	20:46	40:07	14:26	12:22	12:10	30:32
Neisp. en. (MWh)	8,62	35,27	71,55	28,35	27,49	23,85	67,19

- Prosječni godišnji broj ispada DV izazvanih atmosferskim pražnjenjima iznosi: **14,3 ispada godišnje**,
- što preračunato na 100 km duljine voda, daje prosječni broj od: **120 ispada/god/100 km**.

ANALIZA PRENAPONSKIH ZNAČAJKI VODA

"Studija ugradnje linijskih odvodnika prenapona - Pilot projekt"

autori: S. Sadović, M. Puharić; Enedis d.o.o. Zagreb, siječanj 2004.

Zadaci:

- proračun preskočnih parametara izolacije voda
- analiza preskočnih značajki voda za različite konfiguracije i otpore uzemlj.
- prijedlog tipa i tehničkih značajki linijskih odvodnika prenapona
- proračun energetskeg naprezanja odvodnika
- prijedlog rješenja

Smjernice:

CIGRE SC 33 WG 01: "Guide to procedures for estimating the lightning performance of transmission lines", CIGRE Technical brochure no 63, Listopad 1991.

CIGRE WG C4.301: "Use of surge arresters for lightning protection of transmission lines", CIGRE Technical brochure no 440, Prosinac 2010.

ANALIZA PRENAPONSKIH ZNAČAJKI VODA

Preskočni parametri izolacije

Preskočni parametri izolacije određeni su uz prosječno električno polje $E_0 = 530 \text{ kV/m}$.

- Kritični preskočni napon izolatorskih lanaca sa zaštitnim iskrištem, koje ima razmak $d_i = 150 \text{ mm}$ iznosi: $U_{iskr50\%} = d_i E_0 = 79,5 \text{ (kV)}$
- Kritični preskočni napon izolatorskog lanca bez iskrišta, uz usvojenu preskočnu udaljenost $l_i = 437 \text{ mm}$ iznosi: $U_{izol50\%} = l_i E_0 = 232 \text{ (kV)}$

Gustoća atmosferskih pražnjenja

Izračunava se prema izrazu (smjernice CIGRE): $N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25}$

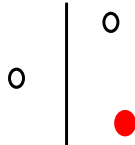
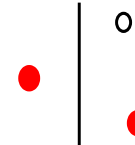
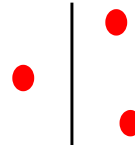
- N_g - gustoća atmosferskih pražnjenja (broj udara / km^2 / god)
- T_d – broj grmljavinskih dana u godini.

Uz $T_d = 50$ grmljavinskih dana u godini, gustoća pražnjenja iznosi $N_g = 5,32$ udara/ km^2 /god.

ANALIZA PRENAPONSKIH ZNAČAJKI VODA

Preskočne značajke voda

Tablica II: Preskočne značajke voda za različite konfiguracije – rezultati simulacije

R_s (Ω)	ρ (Ωm)	Broj preskoka / 100 km godišnje				
		Bez LOP s iskrištem $U_{pr} = 79,5 \text{ kV}$	Bez LOP bez iskrišta $U_{pr} = 232 \text{ kV}$			
10	300	64,49	18,79	10,73	4,12	0
20	600	72,02	42,71	29,08	15,08	0
30	900	73,25	57,83	43,20	26,59	0
40	1200	73,80	65,33	54,34	36,10	0
50	1500	73,95	67,71	60,80	44,94	0
60	1800	73,99	68,64	64,52	51,26	0
70	2100	74,10	69,94	66,30	56,23	0
80	2400	74,14	70,83	67,41	59,73	0
90	2700	74,17	71,24	68,16	61,92	0
100	3000	74,21	71,54	68,79	63,29	0

IZBOR I UGRADNJA LOP

Izbor odvodnika prenapona

Izabran je tip metaloksidnog odvodnika u polimernom (silikonskom) kućištu, slijedećih tehničkih specifikacija:

- Nazivni napon U_r : 39.0 kV
- Trajni radni napon U_c : 31.2 kV
- Nazivna odvodna struja (8/20 μ s) I_n : 10 kA
- Udar na struja visokog inteziteta (4/10 μ s): 100 kA
- IEC energetska razred: 2
- Preostali napon za nazivnu odvodnu struju 10 kA(8/20 μ s): 106 kV
- Energetska podnosivost: 4.5 kJ/kV

Odvodnik je opremljen ovjesnom stezaljkom i eksplozivnom napravom za brzo odvajanje u slučaju njegovog kvara.

Energetska podnosivost odabranog odvodnika je veća od izračunatog eneretskog napreznja koje iznosi:

- za izravni udar munje u fazni vodič: $I = 12.1$ kA, $E = 23.8$ kJ
- za udar munje u vrh stupa: $I = 105$ kA, $E = 92.1$ kJ

IZBOR I UGRADNJA LOP

LOP sa **ovjesnom**
stezaljkom i
napravom za brzo
odvajanje



odvodnici
ugrađeni na
jednom nosnom
stupu

IZBOR I UGRADNJA LOP

Ugradnja odvodnika

Tablica III. Popis stupova s podacima o otporima uzemljenja i ugrađenim LOP

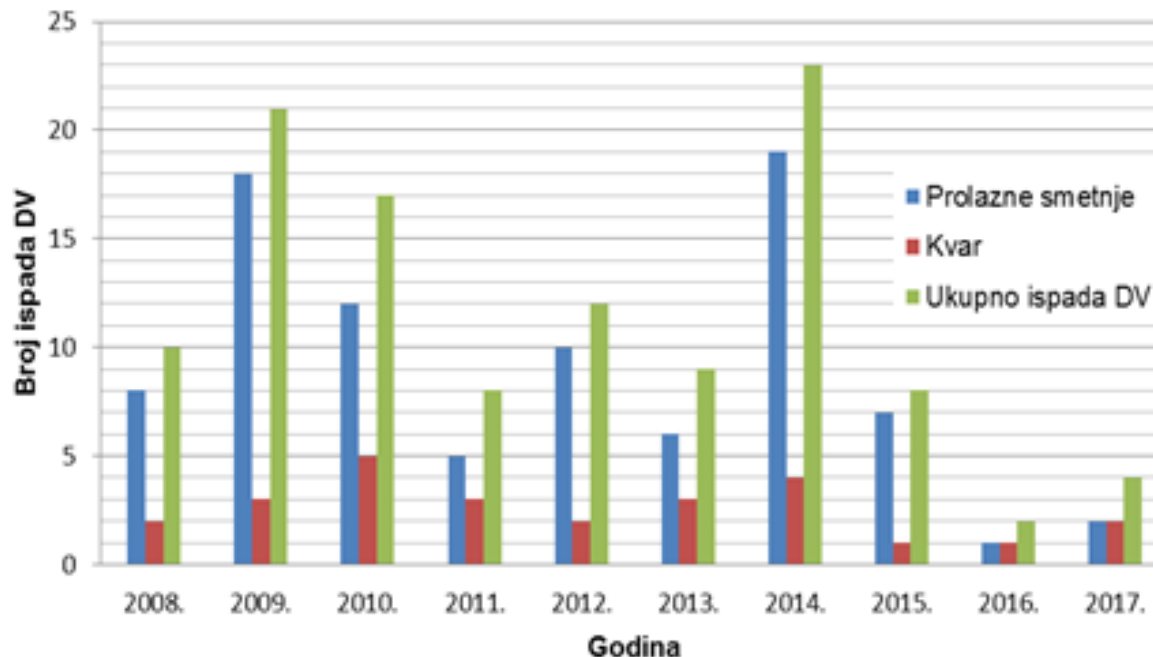
Broj stupa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Otpor uzemljenja (Ω)	2	2	3	2	3 (3)	4	12	21	33	24	39 (16)	36
LOP – I faza					3						3	
LOP – II faza			3					3	3			
Broj stupa	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Otpor uzemljenja (Ω)	42	37	44	52 (13)	43	109	77	13 (9)	22	19	27	46
LOP – I faza				3				3				
LOP – II faza						3						
Broj stupa	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Otpor uzemljenja (Ω)	31	23	42	63 (50)	58	67	71 (11)	69	85	64	51 (17)	89
LOP – I faza				3			3				3	
LOP – II faza	3					3						
Broj stupa	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	
Otpor uzemljenja (Ω)	36	44	21	70	53 (21)	254	8	9	12	39	11	
LOP – I faza					3						3*	$\Sigma 24$
LOP – II faza			3			3			3			$\Sigma 27$

* - na stupu br. 47 je prijelaz na podzemni kabel, na kojem su već bili ugrađeni odvodnici

PRAĆENJE STANJA DALEKOVODA NAKON UGRADNJE LOP

Statistika prekida i kvarova

Praćenjem je obuhvaćeno razdoblje prije i nakon ugradnje LOP, u trajanju od 10 godina, od 2008. do 2017. godine

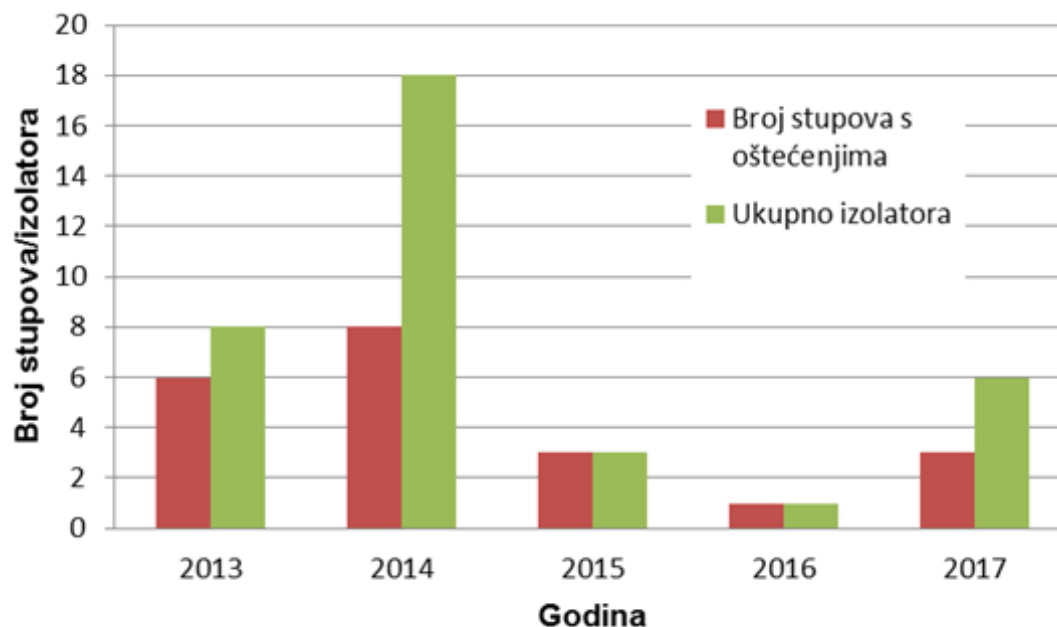


Broj ispada i kvarova na dalekovodu izazvanih atmosferskim
pražnjenjima, po godinama

PRAĆENJE STANJA DALEKOVODA NAKON UGRADNJE LOP

Podaci o oštećenjima izolatora

Podaci uključuju broj i poziciju oštećenih izolatorskih članaka, uočenih pri godišnjim pregledima dalekovoda, koji se obavljaju početkom svake godine



Broj oštećenih izolatorskih članaka i stupova s oštećenjima po godinama

PRAĆENJE STANJA DALEKOVODA NAKON UGRADNJE LOP

Podaci o oštećenjima izolatora

Datum pregleda:	15.01.2014. – prije ugradnje LOP					
Broj stupa	6	13	20	22	33	35
Broj ošt. izolatora i pozicija (faza)	1 SF	1 GF 1 DF	1 SF	1 SF 1 DF	1 SF	1 SF
Ukupno	1	2	1	2	1	1

DF – Donja faza
SF – Srednja faza
GF – Gornja faza
* - stupovi susjedni onima
sa ugrađenim LOP

Datum pregleda:	16.02.2015.							
Broj stupa	8	21*	22	27*	30*	32*	34*	39
Broj ošt. izolatora i pozicija (faza)	1 DF 1 SF	1 GF 1 SF	1 DF	1 GF 1 SF	1 GF 1 SF 1 DF	1 SF	2 GF 2 SF 1 DF	1 DF 1 SF
Ukupno	2	2	1	2	3	1	5	2

Datum pregleda:	15.02.2016.			13.02.17.	29.01.2018.		
Broj stupa	1	32*	34*	24	33*	34*	47
Broj ošt. izolatora i pozicija (faza)	1 DF	1 DF	1 DF	1 DF	1 SF 1 DF	1 GF 2 SF	1 GF
Ukupno	1	1	1	1	2	3	1

Oštećenja izolatorskih članaka uočena pri godišnjim pregledima dalekovoda

ZAKLJUČAK

- Zaštitna iskrišta se nisu pokazala kao učinkovito rješenje za zaštitu od atmosferskih prenapona zbog preniskog preskočnog napona i nedovoljno učinkovitog otklanjanja luka.
- LOP su učinkovita zaštita izolacije na stupu na kojem su ugrađeni, neovisno o otporu uzemljenja stupova.
- Nema značajnog utjecaja na zaštitu izolacije na susjednim stupovima;
- Parcijalna ugradnja LOP na pojedinim stupovima može imati pozitivan učinak ali samo onda ako su pozicije stupova određene na temelju:
 - podataka o prethodnim oštećenjima,
 - izmjerenog otpora uzemljenja stupova,
 - podataka iz sustava za lociranje munja.
- Ugradnja odvodnika prenapona na DV 35 kV Trogir - Marina pokazala je pozitivne rezultate pa se zaključuje da nastavak njihove ugradnje ima opravdanja na posebno ugroženim stupovima. Na preostalima treba demontirati zaštitna iskrišta.
- Predlaže se proširenje praćenja, pridruženjem brojača prorada te povezivanjem s podacima iz sustava za lociranje munja.

PITANJA ZA RASPRAVU

1. Da li je od početka primjene bilo kvarova na linijskim odvodnicima prenapona?

Odgovor:

Ne, od početka primjene nije zabilježen niti jedan kvar na linijskim odvodnicima prenapona. Iako nema podataka o broju prorada odvodnika, obzirom na broj oštećenih izolatora na susjednim stupovima, može se gotovo sa sigurnošću ustvrditi da je bilo udara munje u dalekovod. Stoga se može zaključiti da energetska podnosivost odvodnika veća od energetske napreznja pri udarima munje.

PITANJA ZA RASPRAVU

2. Koliki je trošak ugradnje linijskih odvodnika prenapona (3kom) po jednom stupu uključivo i sav ostali materijal i radove?

Odgovor:

Trošak ugradnje linijskih odvodnika uključuje dobavu odvodnika s pripadajućim ovjesnim i spojnim priborom, troškove ugradnje s opcijom sanacije uzemljivača.

Troškovi:

1. Vanjski izdaci za nabavku opreme: 7.500 kn
2. Trošak djelatnika HEP ODS-a za montažu: 1.000 kn

Ukupni trošak za tri odvodnika po stupu: cca **8.500 kn**

Opcija:

- Troškovi sanacije uzemljivača, koji uključuju otkopavanje, zamjenu pocinčane trake, dobavu, dopremu i ugradnju čiste zemlje: 3.000 kn

PITANJA ZA RASPRAVU

3. Koliko dalekovoda na području Elektrodalmacije Split je natprosječno ugroženo od kvarova uzrokovanih atmosferskim pražnjenjima i na kojima bi se primijenila opisana metoda zaštite?

Odgovor:

Slični problemi iznadprosječne ugroženosti od atmosferskih pražnjenja su uočeni na još nekoliko dalekovoda nazivnog napona 35 kV na području Elektrodalmacije, npr.:

- DV 35 kV Nerežišća-Pučišća 15 km (radijalan)
- DV 35 kV Nerežišća-Postira 5 km
- DV 35 kV Nerežišća-Milna 12,5 km
- DV 35 kV Starigrad – KK Smočiguzica 6,6 km
- DV 35 kV Dicmo – Prančevići 11,3 km
- DV 35 kV Opuzen – Ploče 13,6 km (radijalan)



HVALA NA STRPLJENJU I POZORNOSTI