

Sustav za lociranje atmosferskih pražnjenja u identifikaciji kvarova TK mreže uzrokovanih atmosferskim prenaponima

V. Milardić*, B. Franc*, M. Budimirović**

* Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, Hrvatska

** Hrvatski telekom d.d., Zagreb, Hrvatska
bojan.franc@fer.hr

Sažetak – Na korisničkoj terminalnoj opremi koja služi za pružanje tzv. 3play usluge (internet + telefonije + televizija) su česti kvarovi uslijed prenapona uzrokovani atmosferskim pražnjenjima, što ima za posljedicu nezadovoljstvo korisnika te dodatne troškove održavanja. Kvarovi se najčešće događaju u ruralnim sredinama gdje se nalaze nadzemne niskonaponske i telekomunikacijske mreže te u područjima s većim specifičnim otporom tla i većom gustoćom udara munja.

U radu je prikazan proračuna induciranih prenapona u telekomunikacijskoj mreži uslijed udara munje. Nadalje, prikazana je korelacija podataka o atmosferskim pražnjenjima s kvarovima/ispadima u TK mreži kroz povezivanje sa sustavom za upravljanje i osiguranje kvalitete širokopojsnih usluga. Prikazanom korelacijom moguće je utjecati na automatiziranje i skraćivanje vremena otklanjanja prijavljenih smetnji i kvarova, povećanje broja slučajeva koji se uspješno rješavaju prilikom prvog poziva, što u konačnici omogućava poboljšanje kvalitete pružanih usluga te povećanje korisničkog zadovoljstva i lojalnosti pružatelju.

I. UVOD

Na korisničkoj terminalnoj opremi koja služi za pružanje tzv. 3play usluge (internet + telefonije + televizija) su česti kvarovi uslijed prenapona (atmosferskih pražnjenja), što ima za posljedicu nezadovoljstvo korisnika te dodatne troškove održavanja. Kvarovi se najčešće događaju u ruralnim sredinama (nadzemna niskonaponska i telefonska mreža) te u područjima s većom gustoćom udara munje.

Gromobranska i prenaponska zaštita objekata izvodi se shodno zonama zaštite, a efikasno projektirana prenaponska zaštita ima više stupnjeva (II ili III) [1].

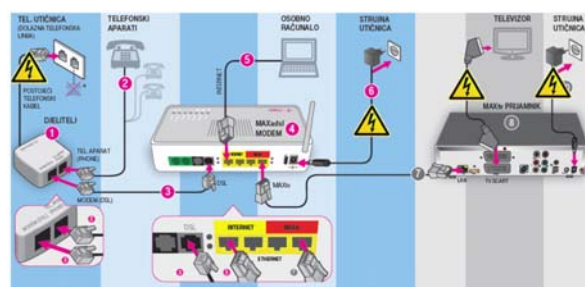
Za efikasnu prenaponsku zaštitu korisničke terminalne opreme, a također i ostale opreme u objektu, potrebno je slijedeće:

- Objekt posjeduje temeljni uzemljivač;
- U objektu je provedeno sveobuhvatno izjednačavanje potencijala;
- Svi vodovi koji ulaze u objekt (telefonski, niskonaponski, kabelaški i satelitska televizija itd.) su adekvatno prenaponski štićeni na mjestu ulaska u objekt (I stupanj); Vodovi ulaze u objekt na istom mjestu (s iste strane objekta).

- Svi osjetljivi uređaji i uređaji koji su spojeni (priključeni) na više mreža (TV, PC, modem, MAXtv prijemnik, fax itd.) su dodatno prenaponski štićeni (II stupanj).

Zanemarivo mali broj objekata u RH je izvedena na gore opisani način, odnosno velika većina objekata nema temeljni uzemljivač, nije izvedeno izjednačavanje potencijala te ne postoji nikakva prenaponska zaštita. To naravno za posljedicu ima česte kvarove spomenutih uređaja.

Na slici 1. je prikazano uobičajeno 3play okruženje. Na slici su naznačeni najčešći putevi dolaska atmosferskih prenapona. Atmosferski prenapon može stići preko telefonske mreže, preko niskonaponske (NN) mreže te preko antenskog sustava.



Slika 1. Uobičajeno 3play okruženja

Ovdje je potrebno napomenuti da se moderni telefoni napajaju preko NN utičnice što je također mogući put dolaska prenapona. Osobno računalo ili prijenosnik se također napaja iz NN utičnice što je također mogući put dolaska prenapona. Moderni TV uređaji su spojeni na NN utičnicu, TK utičnicu i antenski sustav što su sve mogući putevi dolaska prenapona.

Iz navedenog je jasno zašto nastaju česta oštećenja modema i MAXtv prijemnika.

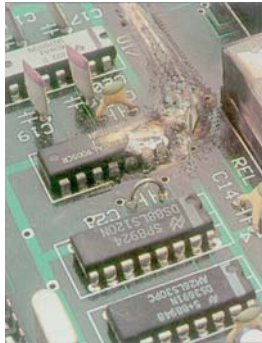
Prenaponi, prouzročeni udarom munje osim oštećenja mogu izazvati i prekid normalnog rada te degradaciju komponenti sustava, što je naravno manje opasan slučaj.

Prekid normalnog rada podrazumijeva slijedeće. I ako nije prouzročena fizička šteta na komponentama ili sustavu, logički ili analogni nivo sustava je promijenjen što uzrokuje: gubitak podataka, oštećenje podataka ili programske podrške, neobjašnjivi ispad kompjutera, modema itd. Sustav

treba resetirati (obično isključiti i ponovno uključiti) i nakon toga će ponovo normalno funkcionirati.

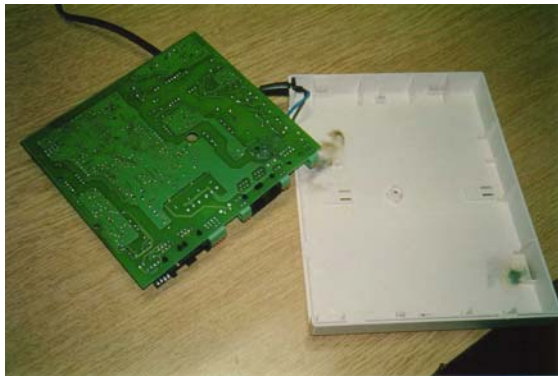
Degradacija komponenti je nešto opasnija (ozbiljnija). Dugotrajno izlaganje prijelaznim prenaponima niže razine, bez obzira na uzrok, degradira elektroničke komponente i krugove, reducirajući životni vijek opreme i povećavajući vjerojatnost kvara.

Prijelazni prenaponi više razine mogu prouzročiti uništenje komponenti, elektroničkih krugova i ulazno/izlaznih kartica, kao na slici 2. Vidljivo ne oštećene elektroničke komponente na slici 2. su također uništene.



Slika 2. Prijelaznim prenaponima uništeni svi mikročipovi na pločici (premda samo jedan ima jasne znakove uništenja)

Prijelaznim prenaponima uništeni ISDN uređaja na slici 3. nema tako očigledne tragove uništenja na elektroničkoj pločici. Tragovi uništenja su vidljiviji na plastičnom kućištu bijele boje.



Slika 3. ISDN uređaj uništen prijelaznim prenaponima

Sva tri ranije spomenuta efekta prouzrokuju ispad opreme ili cjelokupnog sustava što nadalje znači nezadovoljstvo korisnika te dodatne troškove održavanja i popravka.

II. INDUCIRANI PRENAPONI

Udar munje u objekt nije tako čest događaj. Isto tako, udar munje u nadzemnu telekomunikacijsku (TK) ili niskonaponsku (NN) mrežu nije tako čest. Mnogo češće, munja pogodi u blizinu objekta ili TK (NN) mreže a inducirani prenaponi preko TK i/ili NN mreže stižu u objekt i

ugrožavaju električnu i elektroničku opremu unutar objekta. Inducirani prenaponi ne prouzrokuju velika energetska opterećenja uređaja prenaponske zaštite (UPZ) kao direktni udari munje ali mogu oštetiti električnu i elektroničku opremu unutar objekta, ako nije instalirana adekvatna prenaponska zaštita.

Računanje induciranih prenapona na nadzemnom vodu TK (NN) mreže, uslijed udara munje, se provodi na slijedeći način:

- prvo se usvoji model povratnog udara munje, koji specificira prostornu i vremensku raspodjelu struje munje uzduž kanala munje za vrijeme faze povratnog udara;
- zatim se računa promjena elektromagnetskog polja proizvedena strujom munje u točkama duž voda. Poboljšanje točnosti se postiže modeliranjem efekta širenja EM polja od točke udara munje.
- na kraju se izračunavaju prenaponi koristeći model sprege između EM polja i vodiča voda.

Izraz za računanje induciranih prenapona, koji se zbog svoje jednostavnosti najčešće koristi u praksi dat je u (1).

$$V_{max} = Z_0 \frac{I \cdot h}{d} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{1 - 0,5v^2}} \right) \quad (1)$$

gdje je: $Z_0 = \frac{1}{4\pi} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 30$

I - amplituda struje munje za koju je usvojen valni oblik step funkcije;

h - visina voda iznad tla;

d - najkraća udaljenost mjesta udara i voda;

v - odnos između brzine povratnog udara i brzine svjetlosti.

Izraz (1) izveo je Rusck iz kompliciranog matematičkog modela [2]. Izraz daje maksimalnu vrijednost induciranih prenapona V_{max} , za beskonačno dugi vod, iznad savršeno vodljive zemlje (tla), u točki koja je najbliža mjestu udara munje.

Točnije računanje induciranih prenapona je relativno kompleksno jer je i sam udar munje veoma složen fenomen i ni dan danas nije potpuno razjašnjen. U tom smislu postoje različiti modeli povratnog udara munje, različiti modeli računanja EM polja te različiti modeli sprege između kanala munje i voda. Efekte konačne vodljivosti zemlje (tla) i korone, također treba uzeti u obzir.

Ipak, određeni aspekti međudjelovanja munje i voda, mogu se modelirati jednostavnije. Premda model ne mora biti opsežan ili precizan, može se koristiti za određivanje najvažnijih parametara. Slučaj bliskog udara munje od oblaka prema zemlji prikazan je na slici 4.

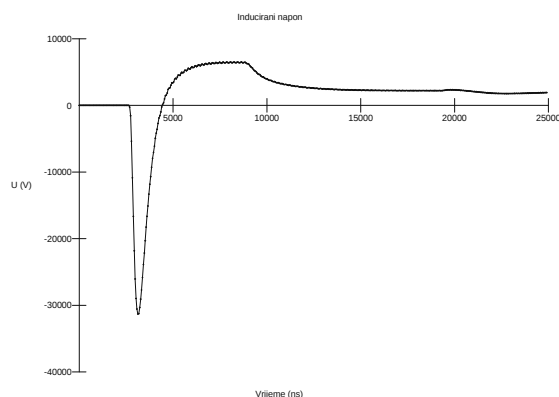
A. Proračun induciranih napona u TK mreži

Proračuni induciranih prenapona koji slijede, provedeni su kompjuterskim programom prema [3]. Za proračun induciranih prenapona u TK mreži, uslijed indirektnog udara munje, usvojena je konfiguracija kao na slici 4. Duljina TK mreže je 1,8 km, a prosječna visina vodiča TK kabela iznad tla je 6,0 m. Mjesto udara munje (kanal) je udaljen $y_c = 100$ m, (200 m, 300 m ... 1000 m) od TK mreže a 900 m od

Struja munje

Y-axis: $I \text{ (A)}$ (0 to 15000)
X-axis: $Vrijeme \text{ (ms)}$ (0 to 25000)

Rezultati proračuna su na slijedećim slikama.



The graph shows the induced voltage U (V) on the y-axis (ranging from -15000 to 5000) against time $Vrijeme$ (ns) on the x-axis (ranging from 0 to 25000). The curve starts at 0, drops sharply to a minimum of approximately -14000 V at 2500 ns, then rises with significant oscillations, peaking at about 4500 V around 8000 ns, and finally settles near 0 V after 20000 ns.

Inductor current response

U (V)

t (ms)

Ako se udaljenost mjesta udara munje mijenja i od TK mreže ($y_c=100$ m, 200 m, 300 m ... 1000 m) i od početka TK mreže ($x_c=100$ m, 300 m, 500 m, 700 m i 900 m) dobije se tablica I. Udaljenosti od početka TK mreže su upisane vodoravno a udaljenosti od TK mreže uspravno. Za svaku udaljenost od početka TK mreže (npr. $x_c=100$ m) i udaljenost od TK mreže (npr. $y_c=200$ m) u tablici I su dvije vrijednosti izračunatog induciranog napona u kV. Prva se odnosi na

inducirani napon na početku TK mreže a druga na inducirani napon na kraju TK mreže. Iznimno, za udara munje točno na sredinu TK mreže ($x_c=900$ m) inducirani naponi su isti i na početku i na kraju TK mreže te je, shodno tome, u tablici I. navedena samo jedna vrijednost. Predznak „-“, u tablici I označava da je apsolutni maksimum inducirano napona negativan.

Na isti način se mogu izračunati i inducirani naponi za udare munje na udaljenosti $x_c=1100$ m, 1300 m, 1500 m i 1700 m od početka TK mreže. Rezultati su slični kao u tablici I.

U tablici I su crveno označeni izračunati inducirani prenaponi apsolutno veći od 6 kV. Proračunom je potvrđena poznata činjenica da udari munje bliže TK mreži induciraju prenapone viših apsolutnih vrijednosti.

TABLICA I. INDUCIRANI NAPONI NA POČETKU I KRAJU TK MREŽE

x_c (m) y_c (m)	100			300		500		700		900
100	21.8	-27.8	-20.6	-30.3	-26.7	-31.4	-29.8	-31.8	-31.4	
200	14.6	-20.1	10.5	-21.3	-15.5	-21.8	-18.7	-21.5	-20.7	
300	11.1	-14.9	8.84	-15.1	-10.2	-15.0	-12.6	-14.6	-14.0	
400	8.75	-11.6	7.47	-11.7	-7.02	-11.7	-9.15	-11.3	-10.5	
500	7.15	-9.67	6.21	-9.45	5.23	-9.18	-6.64	-8.70	-7.87	
600	5.94	-8.01	5.30	-7.61	4.65	-7.25	-4.89	-6.73	-5.96	
700	5.00	-6.59	4.45	-6.18	4.10	-5.79	-3.71	-5.27	-4.57	
800	4.23	-5.50	3.85	-5.10	3.62	-4.69	3.10	-4.18	-3.59	
900	3.74	-4.65	3.43	-4.26	3.02	-3.84	2.93	-3.39	-2.84	
1000	3.33	-4.00	3.00	-3.58	2.80	-3.19	2.34	-2.76	2.32	

Rezultati na slikama 6. do 9. i tablici I su dobiveni računanjem inducirano prenapona za jedan vodič.

U [4] je pokazano da u sustavu s više vodiča dolazi do redukcije inducirano prenapona, u odnosu na izračunati inducirani prenapon pojedinačno za svaki vodič. Ta redukcija za sustav od više vodiča, kao što je TK kabel, iznosi $\approx 25\%$. Također, postojanje uzemljenog metalnog plašta TK kabela ima za posljedicu daljnju redukciju induciranih prenapona. Ta redukcija ovisi o broju četvorki u kabelu i za udar munje, koji sadrži široki raspon frekvencija, može se usvojiti 0,8. Redukcija induciranih prenapona se može fizikalno objasniti djelovanjem svih vodiča protiv promjene incidentnog EM polja struje munje, koje uzrokuje indukciju. U TK mreži su instalirani i plinski odvodnici prenapona, obvezno na početku TK mreže u TK centrali te na mjestima prijelaza podzemne u nadzemnu mrežu. Plinski odvodnici prenapona ograničavaju razinu prenapona u TK mreži. Osim navedenog, tipična TK mreža duljine 1800 m je izvedena 1500 m podzemno a 300 m nadzemno. Za dio TK mreže izvedene podzemno inducirani naponi su niži. Usporedbom dobivenih rezultata u tablici I s rezultatima prikazanim u [5]-[6], za kabel ukopan u tlo na dubini 0,9 m, u tlu specifičnog otpora $\rho=555-625 \Omega m$, može se zaključiti da su rezultati za kabel ukopan u tlo oko 34 % izračunatih.

Shodno svemu navedenom može se procijeniti da bi udari munje koji su bliže od 300 m od TK mreže mogli prouzročiti kvar uređaja koji su spojeni na TK mrežu (npr. modema ili MAXtv prijemnik).

III. SUSTAVI ZA LOCIRANJE ATMOSFERSKIH PRAŽNjenja U OTKRIVANJU KVAROVA U TK MREŽAMA

Moderno sredstvo za praćenje atmosferskih pražnjenja danas predstavljaju sustavi za lociranje atmosferskih pražnjenja (SLAP). U razvijenim zemljama diljem svijeta se sustavi za lociranje atmosferskih pražnjenja primjenjuju u mrežama i sustavima raspoređenim na velikim prostranstvima kao što su elektroenergetski sustavi, TK mreže, mreže RTV odašiljača, mreže naftovoda i plinovoda, sustavi osiguranja, vojne instalacije, meteorološki servisi, prometna infrastruktura, sustavi zaštita od šumskih požara i drugo. Sustavi za lociranje atmosferskih pražnjenja pružaju informaciju o vremenu, lokaciji i intenzitetu udara munje u približno stvarnom vremenu, a ti se podaci mogu korelirati s podacima o ispadima i kvarovima u mreži, što može doprinijeti kvaliteti praćenja pogona mreže, otkrivanju uzroka i lokacije nastalih kvarova te minimiziranju potrebnog vremena i troškova u otklanjanju kvarova te ponovnoj uspostavi rada sustava.

Za efikasno korištenje podataka prikupljenih sustavom za lociranje atmosferskih pražnjenja u vođenju tehnoloških sustava potrebna je prikladna programska podrška. Kako se podaci SLAP-a primjenjuju u raznim tehnološkom mrežama i sustavima, programska podrška prilagođava se specifičnim potrebama pojedinog sustava. Opće gledano, funkcionalnosti SLAP sustava u vođenju i analizi tehničkih mreža su:

1. osnovne funkcionalnosti:

- vizualizacija atmosferskih pražnjenja u približno stvarnom vremenu i alarmiranje o grmljavinskoj aktivnosti,
- analiziranje, izrada izvještaja i vizualizacija povijesnih podataka o atmosferskim pražnjenjima,
- statistički proračuni nad podacima o atmosferskim pražnjenjima,
- izrada karata gustoće atmosferskih pražnjenja šireg područja;

2. napredne funkcionalnosti:

- prostorna korelacija između podataka o atmosferskim pražnjenjima i alarmnim zonama generiranim oko promatranih objekata mreže,
- izrada visoko-rezolucijskih karata gustoće atmosferskih pražnjenja oko promatranih objekata mreže,
- korelacije između atmosferskih pražnjenja i smetnji i kvarova registriranih u promatranoj mreži u približno stvarnom vremenu (slika 10).



Slika 10. Primjer korelacije udara munje i kvara u mreži s određivanjem lokacije kvara na vodu

A. Sustav za upravljanje i osiguranje kvalitete širokopojasnih usluga

Sustav za upravljanje i osiguranje kvalitete širokopojasnih usluga (eng. *Broadband Service Assurance, BBSA*) je sustav čiji je glavni cilj potpora poslovnim procesima, otklanjanju smetnji i kvarova na T-HT širokopojasnim uslugama. Jednostavno, intuitivno i jedinstveno agentsko sučelje koje koriste agenti korisničke podrške omogućava im automatizirano vođenje procesa otklanjanja smetnji i kvarova u srhu postizanja slijedećih ciljeva:

- skraćivanje vremena otklanjanja prijavljene smetnje,
- povećanje broja slučajeva/prijava koji se uspješno rješavaju prilikom prvog poziva,
- smanjenje broja slučajeva/prijava koji se eskaliraju prema višoj razini podrške,
- paralelno izvršavanje akcija,
- kolektiranje, analiza, vizualizacija i popravak (akcija),
- OneScreen/“OneView” - status/problem prikazan pri otvaranju sesije (nakon unosa identifikatora),
- korisnička orijentiranost,
- jednostavnija inicijacija agenata korisničke podrške.

Sustav unutar sebe ima definirane algoritme za analizu i otklanjanje grešaka na širokopojasnim uslugama, a sve u svrhu učinkovitijeg, unificiranog, preciznog i bržeg otklanjanja smetnji na širokopojasnim uslugama. Unutar BBSA platforme se interpretiraju podaci koji se sakupljaju po elementima mreže koji sudjeluju u isporuci pojedine usluge. Zaključci i akcije pri otklonu smetnje se baziraju na realnom mjerenju s BSS/OSS (eng. *Business Support System / Operational Support System*) sustava.

B. Vremensko-prostorna korelacija kvarova/ispada korisničke opreme i detektiranih atmosferskih pražnjenja

U svrhu koreliranja kvarova i ispada u TK mreži s atmosferskim pražnjenjima implementirana je web usluga SLAP sustava koju BBSA poziva na zahtjev. Prilikom otvaranja slučaja/prijave kvara, BBSA prosljeđuje SLAP-u koordinate korisničke lokacije (točnije, lokaciju izvoda na koji je korisnik priključen) te vremenski interval unutar kojeg se smatra da je došlo do nastanka kvara/ispada. Na temelju ta dva ulazna podatka, SLAP prostorno-vremenski korelira događaj s atmosferskim pražnjenjima te pronalazi potencijalne kandidate za uzrok kvara/ispada. Nakon korelacije SLAP vraća BBSA broj koreliranih atmosferskih pražnjenja, podatke o atmosferskim pražnjenjima (vrijeme, lokaciju, amplitudu struje udara, grešku lociranja) te podatke o udaljenosti pojedinog udara od zadane lokacije.

Korelacijski proces između BBSA i SLAP-a izvršava se nešto više od godinu dana (početak je bio u veljači 2015. godine) te je do sada obrađeno oko 212.000 upita, pri čemu je analizirano 58.811 različitih lokacija na području Hrvatske. Unutar BBSA identificirano je pet izvoda (lokacija) u TK mreži s najvećim brojem kvarova/ispada tokom 2015. godine.

Od promatranih pet izvoda, najčešći kvarovi/ispadi tokom 2015. godine su zabilježeni na izvodu u Mošćeničkoj Dragi, gdje je 5 puta tokom godine grmljavina izazvala kvarove/ispade. U tih 5 štetnih događaja registrirano je ukupno 18 ispada/kvarova. Najviše kvarova/ispada na jednom izvodu tokom 2015. godine registrirano je na izvodu u Delnicama, gdje je uslijed dva udara munje registrirano ukupno 48 kvarova/ispada (tablica 2).

TABLICA II. KVAROVI UZROKOVANI UDARIMA MUNJA NA PROMATRANIM IZVODIMA U PROTEKLOJ GODINI

Lokacija	Štetni događaji*	Kvarovi uslijed munje
Rijeka (Delnice)	2	48
Rijeka (Delnice)	4	21
Rijeka (Mošćenička Draga)	5	18
Rijeka (Sveti Jakov)	1	17
Istra (Nova Vas)	2	16
* Štetnim događajem se smatra grmljavinska aktivnost u jednoj minuti na jednom izvodu koji je izazvao jedan ili više kvarova/ispada (npr. u istoj minuti na jednom izvodu ispadne više korisnika zbog udara munje)		

C. Primjer toka događaja uslijed nastanka kvara na izvodu usred udara munje

Prilikom pojave grmljavinske aktivnosti nad nekim područjem, SLAP u približno stvarnom vremenu registrira atmosferska pražnjenja (slika 11).



Slika 11. Grmljavinska aktivnost 3.10.2015. na širem području Kvarnera

U pro-aktivnom pristupu nadzora rada mreže, SLAP će postaviti upozorenje nad objektima koji se nalaze u neposrednoj blizini grmljavinskog nevremena (po završetku grmljavinske aktivnosti upozorenje će se ukinuti). U slučaju pojave kvara/ispada u komunikaciji prema krajnjem korisniku, BBSA određuje lokaciju izvoda korisnika te vrijeme prekida komunikacijskog kanala na temelju čega generira upit prema SLAP-u. SLAP provodi postupak prostorno-vremenske korelacije te vraća listu koreliranih udara munja u BBSA. U primjeru je prikazan događaj na dan 3.10.2015. kada je zabilježena grmljavinska aktivnost te kvarovi korelirani s udarima munja. Na slici 12 prikazan je jedan izvod na kojemu je BBSA zabilježio više istovremenih kvarova/ispada unutar jedne minute (jedan štetni događaj sa 17 gubitaka konekcije na istom izvodu).

Navedene kvarove (unutar jedne minute na istom izvodu) SLAP je korelirao s 12 atmosferska pražnjenja.



Slika 12. Atmosferska pražnjenja korelirana s kvarovima na izvodu

Korelirani podaci o atmosferskim pražnjenjima koje SLAP poslijeduje BBSA su prikazani u tablici 3.

TABLICA III. KORELIRANI PODACI ZA KVAR NA IZVODU 3.10.2015. U SV. JAKOV

Broj atmosferskih pražnjenja koreliranih s kvarovima na izvodu					12
Vrijeme [UTC]	Lon	Lat	Struja [kA]	Greška [m]	Udaljenost munje od izvoda [m]
6:53:35,246	14,3744	44,6279	-33,0	169	1987
6:53:35,285	14,4030	44,6268	-14,1	134	1666
6:53:35,305	14,3736	44,6312	-12,5	198	1814
6:54:05,976	14,3897	44,6336	-63,2	186	750
6:54:06,006	14,3971	44,6364	-11,3	315	516
6:54:06,026	14,3884	44,6381	-13,8	158	412
6:54:06,056	14,3898	44,6297	-16,2	121	1165
6:54:06,129	14,3982	44,6577	-3,7	286	2017
6:54:06,417	14,3896	44,6365	-41,8	186	464
6:54:06,120	14,3944	44,6400	7,4	86	119
6:54:06,121	14,3945	44,6390	12,9	153	164
6:54:06,140	14,3922	44,6373	7,5	181	299

Konačno, agentu korisničke podrške je već neposredno nakon prijave smetnje/kvara dostupna informacija da li je kvar mogao biti uzrokovan udarom munje ili ne. Ta informacija može pomoći u odabiru i smanjenju vremena provođenja postupka otklanjanja kvara.

D. Beneficij korištenja podataka o atmosferskim pražnjenjima u korelaciji sa smetnjama i kvarovima u telekomunikacijskim uslugama

Grmljavinska aktivnost i atmosferska pražnjenja pružateljima telekomunikacijskih usluga mogu prouzrokovati povećan broj korisničkih smetnji, vršna opterećenja pri sanaciji kvarova odnosno kraće razdoblje između prijave smetnji (MTBF). Povezivanjem smetnji,

najčešće kvarova oštećenjem korisničke opreme, i događaja atmosferskih pražnjenja (vanjskih utjecaja) dobiva se informacija o najvjerojatnijem uzroku korisničke smetnje i mogućnost proaktivne reakcije, specifičnog pristupa rješavanju i u konačnici bržeg otklona smetnje. Ranim prepoznavanjem ovakvih smetnji moguće je bolje organizirati interne resurse, primjerice prevenirati korisničke pozive, optimizirati rute za intervencije zamjena oštećene korisničke opreme ili u rješavanje uključiti vanjske resurse, primjerice isporuka zamjenske opreme putem službe za distribuciju čime se može postići značajno operativno rasterećenje. Takvim pristupom moguće je troškovno optimizirati poslovanje u smislu spomenutog smanjenja operativnog opterećenja u rješavanju smetnje s kraja na kraj (call centar – tehničar), minimizirati trajanje prekida u korištenju usluge i najvažnije time povećati korisničko zadovoljstvo i lojalnost pružatelju usluge.

IV. ZAKLJUČAK

Udar munje u objekt nije tako čest događaj. Isto tako, udar munje u TK ili NN mrežu nije tako čest. Mnogo češće, munja pogodi u blizinu objekta ili TK (NN) mreže a inducirani prenaponi preko TK i/ili NN mreže stižu u objekt i ugrožavaju električnu i elektroničku opremu unutar objekta. Inducirani prenaponi ne prouzrokuju velika energetska opterećenja uređaja prenaponske zaštite kao direktni udari ali mogu oštetiti električnu i elektroničku opremu unutar objekta, ako nije instalirana adekvatna prenaponska zaštita, što je u RH skoro redovit slučaj.

Proračuni induciranih prenapona uslijed udara munje pokazuju da udari munje koji su bliže od 300 m od TK mreže mogu prouzročiti kvar uređaja koji su spojeni na TK mrežu (npr. modema ili MAXtv prijemnik).

Grmljavinska aktivnost i atmosferska pražnjenja pružateljima telekomunikacijskih usluga mogu uzrokovati povećan broj korisničkih smetnji, vršna opterećenja pri sanaciji kvarova i posljedično negativno korisničko iskustvo odnosno kraće razdoblje između prijavljenih smetnji (MTBF). Sustavi za lociranje atmosferskih pražnjenja nude dodatne informacije korisne u vođenju telekomunikacijskih sustava. Kako se podaci o atmosferskim pražnjenjima mogu primijeniti u različitim segmentima vođenja TK sustava, za realizaciju je potrebno definirati zahtjeve, modelirati funkcije te razviti adekvatnu programsku podršku. U radu je prikazana korelacija podataka o atmosferskim pražnjenjima s kvarovima/ispadima u TK mreži kroz povezivanje sa sustavom za upravljanje i osiguranje kvalitete širokopojsnih usluga (BBSA). Predstavljenom korelacijom moguće je utjecati na automatiziranje i skraćivanje vremena otklanjanja prijavljenih smetnji i kvarova, povećanje broja slučajeva koji se uspješno rješavaju prilikom prvog poziva, što u konačnici omogućava poboljšanje kvalitete pružanih usluga te povećanje korisničkog zadovoljstva i lojalnosti pružatelju usluge.

ZAHVALE

Ovaj rad su djelomično financirali Hrvatska zaklada za znanost u sklopu projekta "Development of advanced high

voltage systems by application of new information and communication technologies” (DAHVAT) i Regionalna Energetska Agencija Kvarner d.o.o.

LITERATURA

- [1] I. Uglesic, V. Milardic: Surge Protection of Low-Voltage Systems Connected to Overhead Line, 28th International Conference on Lightning Protection, Kanazawa, 18-22 September 2006.
- [2] C. A. Nucci: Lightning Induced Voltages, Invited Lecture 4, 26th International Conference on Lightning Protection, Cracow, 2-6 September 2002.
- [3] F. M. Tesche, M. V. Ianoz, T. Karlsson: EMC Analysis Methods and Computational Models, John Wiley & Sons, NY, 1997.
- [4] F. Rachidi, C. A. Nucci, M. Ianoz, C. Mazzetti: Response of Multiconductor Power Lines to Nearby Lightning Return Stroke Electromagnetic Fields, IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 12, No. 3, July 1997.
- [5] E. Petrache, F. Rachidi, M. Paolone, C. A. Nucci, V. A. Rakov, M. A. Uman: Lightning Induced Disturbances in Buried Cables - Part I: Theory, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 47, No. 3, August 2005.
- [6] M. Paolone, E. Petrache, F. Rachidi, C. A. Nucci, V. A. Rakov, M. A. Uman, D. Jordan, K. Rambo, J. Jerauld, M. Nyffeler, J. Schoene: Lightning Induced Disturbances in Buried Cables - Part II: Experiment and Model Validation, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 47, No. 3, August 2005.