

Rezultati ispitivanja gasno-varistorskog osigurača TPM1 na dodir telekomunikacionog i niskonaponskog distributivnog voda

Predrag Albijanić
PASSER d.o.o. Beograd

1. Uvod

Problem osiguranja telekomunikacione opreme od oštećenja izazvanih kratkim spojem po učestanosti je najređi, ali po efektima mogućih oštećenja verovatno najznačajniji od svih mogućih aspekata zaštite. Radi toga postoji više međunarodnih i domaćih preporuka koje definišu kriterijume za zaštitu telekomunikacione opreme i vodova, način ispitivanja, merne šeme i broj potrebnih testova. Za nas su najinteresantnije sledeće preporuke i propisi :

- ITU-T Preporuka K.11, K.20 i K.21
- Propis ZJ PTT: PTT Vesnik br. 22/95, tačka 3.9

Preporuka ITU-T K.11 opisuje principe zaštite od prenapona i prekostruja pri čemu se definiše poreklo opasnih uticaja, metode zaštite, tipovi zaštitnih naprava, zaostali efekti i daje procena rizika. Takođe daje se pregled mera i opreme za zaštitu vodova, prenosne opreme i centrala, te pretplatničke (terminalne) opreme.

Preporuke ITU-K.20 i K.21 razmatraju otpornost telekomunikacione komutacione (K.20) odnosno terminalne (K.21) opreme na prenapone i prekostruje. U njima su definisani uslovi nastanka prenapona i prekostruja sa odgovarajućim simulacionim mernim šemama, uslovima i kriterijumima testiranja, kao i zahtevi za usklađivanje primarne i sekundarne zaštite[1],[2].

Propis ZJ PTT dat u „PTT Vesniku” Broj 22/95 tretira tehničke uslove za zaštitu terminalnih telekomunikacionih uređaja od prenapona i prekostruja na način sličan kao u ITU-T Preporukama K.20 i K.21.

2. Postupak ispitivanja i merna šema

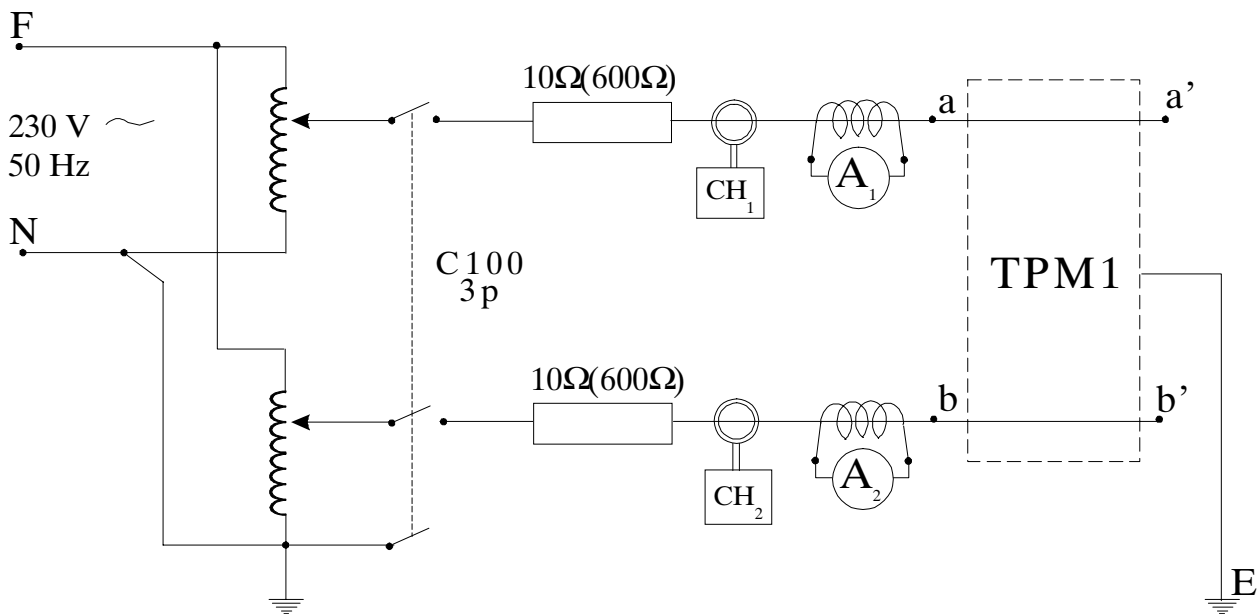
Ispitni postupak je izveden prema Propisu ZJ PTT objavljenom u „PTT Vesniku” Broj 22/95 pod naslovom „Tehnički uslovi za zaštitu terminalnih telekomunikacionih uređaja od prenapona i prekomernih struja”, Tačka 3 - Ispitni postupci, Stavka 3.6. Ova stavka se poziva na Stavku 2.7 koja definiše terminalne komunikacione uređaje (a među njima i pretplatničke telefonske centrale - PBX) za koje treba izvesti povećan nivo zaštite, jer se kod njih očekuju pojačana dejstva spoljnih uticaja [3].

U Stavki 3.6 se daje i pregled ispitivanja efikasnosti izvedene zaštite od napona dodira telekomunikacionih terminala sa niskonaponskom distributivnom mrežom (Tabela 1).

Tabela 1 - Uslovi ipitivanja efikasnosti izvedene zaštite na napon dodira

Spajanje ispitnih tačaka	Šema veze	Maximalan ispitni napon i trajanje	Broj testova	Kriterijum
A + B, a E uzemljeno (prema Slici 1)	Slika 1 Prekidač S oba položaja	$U = 230 V_{\text{eff}}$ $T = 15 \text{ min.}$	1 za svaki položaj prekidača S	B

Prema Tabeli 1 vršeno je ispitivanje različitih verzija gasno-varistorskih osigurača TPM1 na uticaj kratkog spoja između telekomunikacionog (TK) i niskonaponskog distributivnog voda. Ovo ispitivanje je obavljeno u skladu sa zahtevima iz „PTT Vesnika” 22/95, tačka 3.9, što podrazumeva simulaciju kratkog spoja pri naponu $U_{\sim}=230\text{ V}$ (50 Hz) na strani pretplatnika (terminala) sa impedansom $R_p=600\ \Omega$ (simulacija dodira kablova na strani pretplatnika, udaljeni dodir) tj. na strani centrale sa $R_c=10\ \Omega$, (simulacija dodira kablova na strani ATC, bliski dodir), respektivno [3]. Prema ITU-T K.20 (revizija 1996) predviđen je i test sa $R_p=200\ \Omega$, (simulacija dodira kablova na sredini rastojanja između ATC i pretplatnika, simetričan dodir).



Slika 1: Šema mernog kola za simulaciju dodira telekomunikacionog i niskonaponskog voda

Elementi mernog kola [4]:

- Regulatorni transformatori u ulju 27A, 270 V ~ 2 kom.
- Prekidač C-100, tropolni 63 A, 380 V ~ 1 kom.
- Promenjivi otpornici, žičani, „Iskra” tip PRN-25A 5 kom.
- Otpornici, keramički motani - razni
- Štoperica elektronska 2 kom.
- Provodnici, sa PVC izolacijom $2,5\text{ mm}^2$ i $1,5\text{ mm}^2$
- Strujni merni transformator „Norma” 25/5 A, klasa 0,2 1 kom.
- Strujni merni transformator „Metra” 25/5 A, klasa 0,2 1 kom.
- Ampermetar „Iskra” tip FLØ120; 0,6-1,2-3-6 A, klasa 0,3 2 kom.

3. Opis ispitivanja i ispitni uzorci

Pri naponu od $U_{\sim}=230\text{ V}$, $f=50\text{ Hz}$ na oba regulatorna transformatora i sa kratkom vezom između a-e i b-e polova gasno-varistorskog osigurača teče struja približnih vrednosti od $I_p\approx 0,383\text{ A}$ (za $R_p=600\ \Omega$) i $I_c\approx 23\text{ A}$ (za $R_c=10\ \Omega$). Pre toga se gasno-varistorski osigurači utaknu u rastavne kontakte letvica tipa LSA (na primer Reichle-DeMassari VS 83 i VS 92) preko tzv. mehaničkih odvoda mase (ustvari adaptera za uzmljenje osigurača) koji ostvaruju pouzdan mehanički kontakt sa nosačima letvica tzv. kanalima. Po propisu ZJ PTT, kanali letvice kao deo mehanike razdelnika

moraju imati izjednačene potencijale i biti povezani preko odgovarajuće sabirnice sa temeljnim uzemljenjem. Žičani otpornici redno postavljeni u a i b grani mernog kola (10 tj. 600 Ω) su preko paričnog voda 2x1 (prečnika 0,5mm i 0,6mm) povezani sa kablovskom stranom rastavne letvice. Dakle, provodnik simulira najgori slučaj sa stanovišta disipacije, jer se nalazi u vazduhu koji ga konvekcijom hladi, što je manje efikasno u odnosu na stvarni (višežilni) vod okružen ostalim provodnicima koji ga hlade kondukcijom. Uključenjem transformatora i zatvaranjem 2x2 prekidača kroz kolo se uspostavlja struja koja aktivira elektronsku štopericu, a preko strujnih mernih transformatora (strujnih klešta) se meri struja u a i b grani. Aktiviranje štoperice je nužno da bi se mogle pratiti reakcije pojedinih zaštitnih elemenata :

- 3-polnog gasnog odvodnika (GO) sa kratkospojnikom nazivnog napona paljenja $U_N=230$ V, i strujne izdržljivosti 10/10 (10 kA impulsne struje, za talas oblika 8/20 μs, 10 puta i 10 A kontinualne naizmenične struje $f=50$ Hz u trajanju od 1 s, 10 puta), koji se aktivira u kratkom vremenskom intervalu $t_R < 500$ ns [5] i
- Termoprekidača (TP) odnosno topivih solid-state osigurača (TOx, x - nazivna vrednost struje u A) koji se aktiviraju posle nekoliko sekundi (3 - 4 s)

Uzorci za ispitivanje sa pregledom prekostrujnih zaštitnih elemenata u raznim verzijama gasno-varistorskih osigurača (GVO) TPM1 su dati u Tabeli 3.

Tabela 1 - Pregled zaštitnih konfiguracija uzoraka GVO

Uzorci verzija osigurača TPM1 za razdelnički sistem R+M VS83			
Uzorak br.	Gasni odvodnik	Termoprekidač/topivi osigurač	Konfiguracija
A 5	S 20/20	TO 12	Kompleksni osigurač
A 47	S 10/10	TO 7	Kompleksni osigurač
A 48	S 20/20	TP	Kompleksni osigurač
A 49	C 10/10	TP	Kompleksni osigurač
A 50 #		TP	Dopunski osigurač
Uzorci verzija osigurača TPM1 za razdelnički sistem R+M VS92			
A 51 #		TO 12	Dopunski osigurač
A 52	C 10/10	TP	Kompleksni osigurač
A 53	C 10/10	TP	Kompleksni osigurač
Uzorci verzija osigurača TPM1 za razdelnički sistem Krone LSA Plus			
A 29	C 10/10	TO 12	Kompleksni osigurač
A 54	C 10/10	TO 12	Kompleksni osigurač
A 55	C 10/10	TP	Kompleksni osigurač
A 56	C 10/10	TP	Kompleksni osigurač

(TOx) - Ovo je oznaka za nazivnu struju solid-state topivog osigurača

- Dopunski osigurač se koristi u kombinaciji sa nosačem osigurača 20x1 ili 10x2

4. Rezultati ispitivanja

U Tabeli 2 su dati rezultati ispitivanja gasno-varistorskih osigurača TPM1 prema redosledu obavljanja ispitivanja.

Prilikom dovođenja naizmeničnog napona 230 V, $f=50$ Hz dolazi do jonizacije atoma gasa i pojave struje između dovodnih elektroda (a i/ili b) i odvodne (uzemljenja, e). Ovo odgovara uključenju gasnog odvodnika (breakdown voltage), pri čemu njegoja provodnost i struja

naglo rastu (tj. otpornost naglo opada). Za intenzitete struje pražnjenja do približno nekoliko stotina mA do 1,5 A (što zavisi od karakteristika radnog gasa) napon na gasnom odvodniku opada na 70÷150 V [5]. Ovo odgovara režimu rada gasnog odvodnika koji se zove „svetlo” (glow) pražnjenje (Slika 2a). Posmatrano spolja gasni odvodnik svetli čas jače čas slabije (isprekidano, kao da tinja). Ovo je slučaj karakterističan za ispitivanje simulacijom udaljenog dodira sa $R_p=600 \Omega$, pri čemu je u skladu sa Ohm-ovim zakonom, struja dodira $I_p \approx 0,383 \text{ A}$.

Ako se i dalje povećava struja pražnjenja, napon pada na vrednost 10÷35 V, koji je prividno nezavisan od porasta struje u širokom opsegu vrednosti, pa se naziva i napon samoodržanja. Ovaj režim rada gasnog odvodnika se zove lučno (arc) pražnjenje (Slika 2a). Kada gasni odvodnik radi u ovom režimu, spolja posmatrano on blješti intenzivnom (svetloljubičastom ili žutom svetlošću, zavisno od sastava radnog gasa). Ovaj režim odgovara simulaciji bliskog dodira telekomunikacionog i niskonaponskog distributivnog voda sa $R_p=10 \Omega$, i strujom dodira $I_p \approx 23 \text{ A}$. Praktično, ovo je režim termičkog preopterećenja odvodnika, jer su nominalne kontinualne naizmenične struje $f=50 \text{ Hz}$ u trajanju od 1 s maksimalno 20 A (za standardne verzije odvodnika). Svako prekoračenje parametara ovog režima bilo u pogledu intenziteta struje, bilo dužine trajanja rezultiraće delimičnim ili potpunim oštećenjem (topljenjem) elektroda odvodnika. To je osnovni razlog za uvođenje gasnog odvodnika sa kratkospojnikom, kojim se uspostavlja negativna povratna sprema za oslobođenu toplotnu (Džulovu) energiju datu kao:

$$Q = Q_V + Q_\xi + Q_{GO} = \int_0^T (P_V + P_\xi + P_{GO}(t)) \cdot dt \approx R_V \cdot \int_0^{T_{TP}} i^2(t) \cdot dt + R_\xi \cdot \int_0^{T_{TP}} i^2(t) \cdot dt + \int_0^{T_{GO}} R(t) \cdot i^2(t) \cdot dt \quad (1)$$

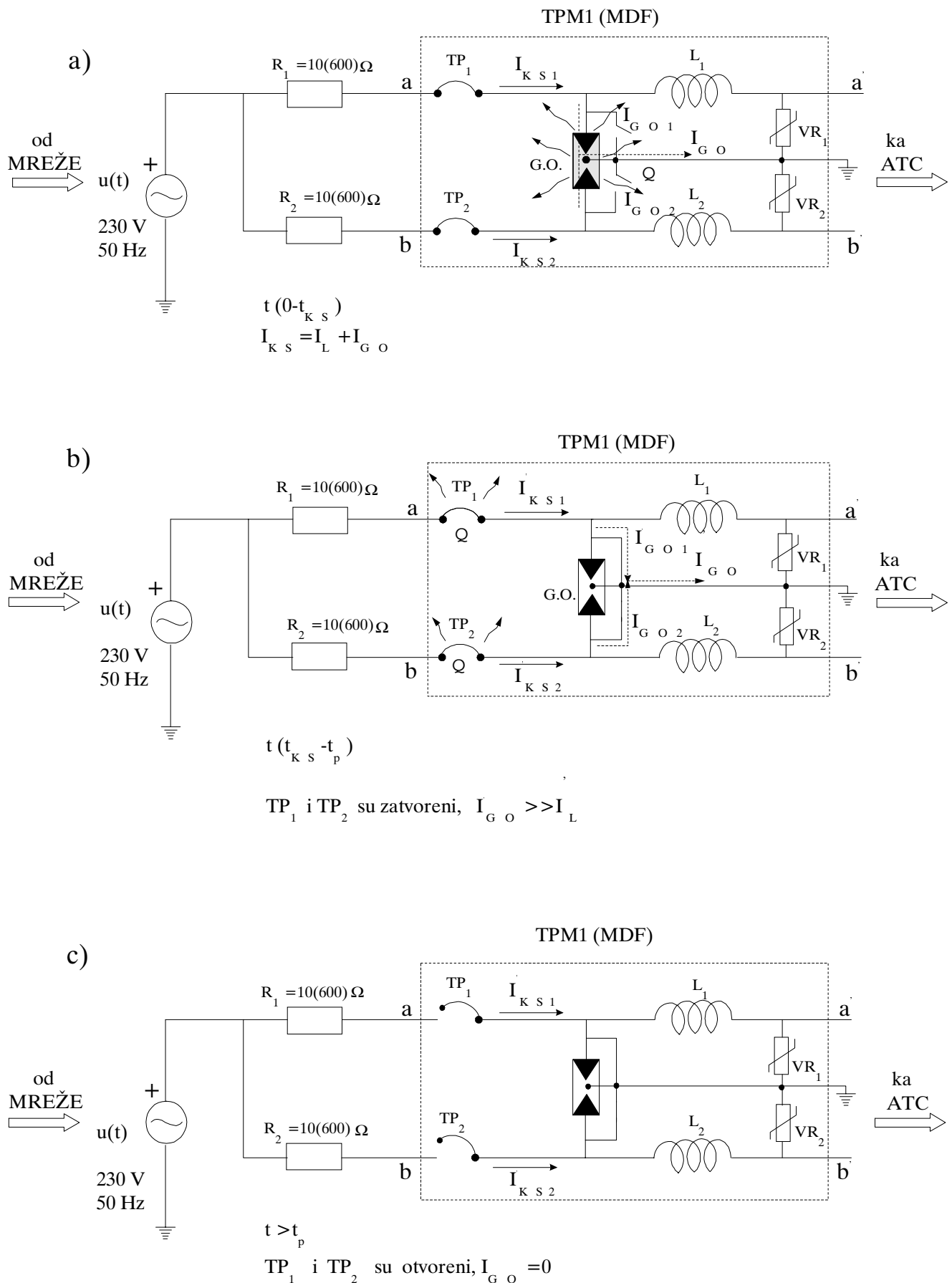
- gde su :
- Q - ukupna oslobođena toplotna energija (J)
 - Q_V, P_V - toplotna energija (J), odnosno snaga (W) oslobođena na mrežnim provodnicima
 - Q_ξ, P_ξ - toplotna energija (J), odnosno snaga (W) oslobođena na delu štampane pločice do gasnog odvodnika (J)
 - Q_{GO}, P_{GO} - toplotna energija (J), odnosno snaga (W) oslobođena na gasnom odvodniku (J)
 - R_V - otpornost mrežnog provodnika (Ω)
 - R_ξ - otpornost štampane pločice do gasnog odvodnika (Ω)
 - R_{GO} - dinamička otpornost gasnog odvodnika (Ω)
 - i - struja pražnjenja u gasnom odvodniku (A)
 - T - period trajanja testiranja 15 min. (s)
 - T_{GO} - vreme reagovanja kratkospojnika na gasnom odvodniku (s)
 - T_{TP} - vreme reagovanja termoprekidača (s)

Termička snaga koja se angažuje na gasnom odvodniku za vreme simulacije bliskog dodira (a+b-c, $U=230 \text{ V}$, $R_p = 10 \Omega$, $I_p = 23 \text{ A}$) je prilično velika. Ukoliko se uzmu u obzir dimenzije gasnog odvodnika jasno je da će brzina porasta temperature biti takva da praktično nema polikarbonata ili nekog drugog plastičnog materijala (kategorije samogasivosti UL V-0) koji ovo može da podnese u dužem intervalu bez oštećenja. Iz navedenog razloga vreme reagovanja kratkospojnika (T_{GO}) mora biti prilagođeno režimu rada gasnog odvodnika i iznosi :

- 1÷2 s za lučno pražnjenje, simulaciju bliskog dodira sa $R_p = 10 \Omega$, $I_p = 23 \text{ A}$
- $\geq 18 \text{ s}$ za svetlo pražnjenje, simulaciju bliskog dodira sa $R_p=600 \Omega$, $I_p \approx 0,383 \text{ A}$

Nakon što odreaguje kratkospojnik, napon na krajevima postaje 0 V, a to ima za posledicu gašenje gasnog odvodnika, odnosno prestanak disipacije na istom. Nadalje ovakav gasni odvodnik gubi aktivnu funkciju u suzbijanju prenaponskih i prekostrujnih poremećaja, i ponaša se kao kratkospojnik. Kako je vreme trajanja testiranja na dodir višestruko veće od vremena reagovanja kratkospojnika, struja će nastaviti da teče samo još preko termoprekidača (TP) pre nego što se

odvede preko adaptera na nosač letvice (kanal), a sa njega preko sabirnice na temeljno uzemljenje (Slika 2b).



Slika 2: Funkcionalne šeme ispitivanja

Nadalje struja teče kroz vodove kablovske strane i štampu na osiguraču, pa preko kratkospojnika se završava na kanalu razdelnika. Toplotna energija oslobođena na gasnom odvodniku je jednaka nuli (gasni odvodnik je ugašen), dok se nastavlja grejanje štampe i kablova. U roku od par sekundi nakon reakcije spoljašnjeg kratkospojnika na gasnom odvodniku, reaguje termoprekidač tako što se jedan njegov kraj (onaj bliži mrežnoj strani) odvaja od štampe i tako prekidajući kolo štiti kabal od pregrevanja i eventualnog oštećenja izolacije (Slika 2c).

Ako uzmemo u obzir da je gustina struje J koja tada protiče kroz dolazne (mrežne) vodove:

$$J = I/S = I/(\pi \cdot d^2/4) \Rightarrow I = \pi \cdot d^2 J/4 \quad (2)$$

gde su : J - gustina struje (A/m²)

S - površina poprečnog preseka provodnika (m²)

i - struja (A)

d - prečnik (bakarnog) provodnika (m)

i otpornost istih data kao:

$$R = \rho \cdot l/S = \rho \cdot l/(\pi \cdot d^2/4) \quad (3)$$

gde su : R - otpornost provodnika (Ω)

ρ - specifična otpornost (Ωm)

d - prečnik provodnika (m)

Ako se izrazi (2) i (3) uvrste u (1) dobija se da je:

$$Q_T \sim I^2/S \quad (4)$$

Na osnovu izraza (4) vidi se da rizik od oštećenja raste sa povećanjem dužine kabla i smanjenjem prečnika. Rezultati ispitivanja bliskog dodira su pokazali da je vreme nakon koga dolazi do topljenja PVC izolacije na simuliranom mrežnom vodu 7÷8 s za prečnik $d=0,5\text{mm}$, odnosno 12÷14 s za prečnik bakarnog (nekalajisanog) provodnika $d=0,6\text{ mm}$. Ova vremena su očekivana jer je i odnos podužnih otpornosti kabla TI 20 za jedan i drugi prečnik približno 1:2 (tačnije 63,95 prema 92,65 Ω/km). Realno je pretpostaviti da će za primenu bilo kog drugog kabla tipa TZ ovo vreme biti slično ili duže pa bi kao gornju granicu brzine reagovanja termoprekidača trebalo usvojiti $T_{TP}^{max} \leq 5\text{ s}$.

Tabela 2. - Rezultati ispitivanja delovanja termoprekidača i solid-state topivih osigurača na kratak spoj $U=230\text{ V}$, 50 Hz , $R=10\ \Omega$ verzije sa gasnim odvodnikom

Uzorak br.	R (Ω)	Struja kratkog spoja (A)		Vreme prekida (s)		Napon (V)		Napomena
		I_a	I_b	t_a	t_b	U_a	U_b	
A 29	600	0,383	0,383	>300	>300	231	230,6	Ugasio gasni odvodnik u 27 s.
A54	600	0,383	0,385	>300	71	232,3	231,6	Delovao TO u grani b u 71 s.
A55	600	0,383	0,383	>300	38,8	231,5	231	Delovao TP u grani b u 38 s.
A56	600	0,385	0,385	>300	>300	231	230,5	Ugasio gasni odvodnik u 31 s.
A 5	600	0,385	0,385	>300	18,4	231	230	Ugasio gasni odvodnik u 18 s.
A 47	600	0,385	0,385	28	27,5	231	231	Reagovao topivi TO7 osigurač u obe grane
A 52	10	22	23	2,47	3,02	230	230	Delovali TP za <4 s

A 53	10	22,5	22,8	3,21	3,25	230	230	Delovali TP za <4 s
A 51	10	23	22,8	>8	>8	233	232	Kombinacija nosača osigurača (G.O. 8x6) za RM VS92 i dopunskog varistorskog osigurača nije prekinula liniju ni posle 8 s. Nastupilo je topljenje nosača (*) osigurača i oštećenje vodova mrežne strane.
A 48	10	23	22,8	2,82	2,70	230	230	Delovali TP za <4 s
A 49	10	23	22,8	3,09	2,98	233	232	Delovali TP za <4 s
A 50	10	22,5	22,4	>4,9	>4,9	230	230	Kombinacija nosača osigurača (G.O. 8x6) za RM VS92 i dopunskog varistorskog osigurača nije prekinula liniju ni posle 4,9 s. Nastupilo je topljenje nosača (*) osigurača i oštećenje vodova mrežne strane.

Tabela 3 - Rezultati ispitivanja delovanja termoprekidača i solid-state topivih osigurača na kratak spoj $U=230$ V, 50 Hz, $R=10$ Ω verzija bez gasnog odvodnika

Uzorak br.	R (Ω)	Struja kratkog spoja (A)		Vreme prekida (s)		Napon (V)		Napomena
		I_a	I_b	t_a	t_b	U_a	U_b	
1	10	23	23	2,76	2,15	230	230	Delovao termoprekidač
2	10	23	23	2,19	2,40	230	230	Delovao termoprekidač
3	10	23	23	2,47	2,57	230	230	Delovao termoprekidač
4	10	23	23	2,25	2,49	230	230	Delovao termoprekidač
5	10	23	23	2,90	2,64	230	230	Delovao termoprekidač
6	10	23	23	3,29	3,36	230	230	Delovao termoprekidač
7	10	23	23	3,44	3,54	230	230	Delovao termoprekidač
8	10	23	23	2,09	2,68	230	230	Delovao termoprekidač
2 (10)	10	23	23	0,075	-	230	-	Delovao termoprekidač
3 (10)	10	18,75	18,75	-	0,375	-	230	Delovao topivi osigurač
4 (7)	10	18,75	18,75	-	0,015	230	-	Delovao topivi osigurač
5 (7)	10	23	23	0,005	-	230	-	Delovao topivi osigurač
8 (5)	10	23	23	<0,005	-	230	-	Delovao topivi osigurač
9 (5)	10	18,75	18,75	-	<0,005	230	230	Delovao topivi osigurač
A 5	10	23	23	0,09	0,13	230	230	Delovali topivi osigurači TO12
A 29	10	23	23	0,24	0,77	230	230	Delovali topivi osigurači TO12
A 54	10	22,8	-	3,28	-	230	-	Delovao topivi osigurač
A 55	10	22,8	-	3,19	-	230	-	Delovao topivi osigurač
A 56	10	23	23	0,26	0,61	230	230	Delovali topivi osigurači TO12

4. Zaključak

Iz rezultata ispitivanja prikazanih u Tabeli 2 se vidi da su svi ispitivani uzorci, verzija gasno-varistorskog osigurača TPM1 odreagovali na adekvatan način, zaštitivši najpre TK opremu (uključenjem zaštitne konfiguracije), a zatim i mrežu, prekidanjem TK linije (uključenjem termoprekidača ili topivog osigurača). To se odnosi na sve zaštitne konfiguracije koje sadrže tropolni gasni odvodnik sa kraktospojnikom (verzije TPM1-2). Tom prilikom nije došlo do bilo kakvog oštećenja mrežnih (kablovskih) vodova preko kojih je puštana struja kratkog spoja, kao ni tela osigurača. Potrebno je voditi računa o usaglašavanju zaštite na glavnom razdelniku (sekundarna) i na kablovskoj glavi za završne nastavke (primarna). Zato bi bilo neophodno da kablovske glave imaju bar grubu prekostrujnu zaštitu sa tromim topivim osiguračima (ili nekim drugim strujno-ograničavajućim elementima dimenzionisanim za struje $I_N=1,6$ A) [6].

Zaštitne konfiguracije realizovane samo sa gasnim odvodnicima kao što su nosač osigurača 20x1 sa dvopolnim gasnim odvodnicima 8x6 U230 ili nosač osigurača 10x2 sa tropolnim gasnim odvodnicima (bez spoljašnjeg kratkospojnika) ne mogu u potpunosti da odgovore zahtevima za zaštitu od dodira telekomunikacionog i niskonaponskog distributivnog kabla. Oni su dovoljni samo za zaštitu opreme (centrale), ali ne i spojnih puteva (telekomunikacionih linija) izloženih uticaju prekostruja. Glavni razlog je u nemogućnosti pravovremenog isključenja gasnog odvodnika, pa je kao posledica toga dolazilo do topljenja nosača osigurača i oštećenja dolaznih (mrežnih) vodova. Zato treba povesti računa o potpunoj zaštiti kablova (prvenstveno vazdušnih) kod kojih postoji rizik od dodira. Za podzemne kablove ovaj rizik praktično nema uticaja, pa se može koristiti standardna konfiguracija (gasni odvodnici i po potrebi varistori).

Ukoliko bi se pomenuti gasni odvodnici zamenili sa tropolnim gasnim odvodnicima sa kratkospojnikom, kombinacija sa dopunskim osiguračem TPM1-1 bi pokazala iste rezultate kao i verzija TPM1-2 koja sadrži gasni odvodnik sa kratkospojnikom. Nedostatak ove kombinacije je u tome što delimično degradira prenaponske odzivne karakteristike (elementi zaštite su razdeljeni).

Literatura

- [1] ITU-T, Series K: Protection against interference, Recommendation K.20 *Resistibility of telecommunication switching equipment to overvoltages and overcurrents*, Geneva 1996
- [2] ITU-T, Series K: Protection against interference, Recommendation K.21 *Resistibility of subscriber's terminal to overvoltages and overcurrents*, Geneva 1996
- [3] PTT Vesnik Br.22 *Tehnički uslovi za zaštitu terminalnih uređaja od prenapona i prekomernih struja*, Beograd 1995
- [4] Minel Elip MDD, *Izveštaj o ispitivanju gasno-varistorskog osigurača za telekomunikacije TPM1*, Beograd 1998
- [5] Siemens Catalogue of pasive components (on CD) - *Gas-filled surge arresters*, 1998
- [6] Teccor electronics, Inc. *Sidactor data book*

Abstract - This document presents measuring procedure, equipment and results of testing based on direct contact simulation between telecommunication and low-voltage power line. All tests based on ITU-T Recommendations K.20, K. 21 and domestic regulations, realised by different types of surge protection module,. Finally, analyse of results shows that all telecommunication equipment connected by overhead cables need complete overvoltage and overcurrent protection.

RESULTS OF COMPLEX PROTECTION MODULE TPM1 TESTING ON DIRECT CONTACT BETWEEN TELECOMMUNICATION AND LOW-VOLTAGE DISTRIBUTION CABLES, Predrag Albijanić