

OTPORNOST UREĐAJA IT NA NAPONSKE UDARE U MREŽI ZA NAPAЈANJE

M. Elezović, *Tehnički opitni centar*, L. Petrović, *Kriminalističko – policijska akademija*,
R. Stefanović, *Vojna akademija*

Sadržaj — Imunosti uređaja informacione tehnologije (IT) na tranzijentne poremećaje u mreži napajanja obuhvata imunost na elektrostatičko pražnjenje, brze tranzijente/rafale, naponske udare i propade, kratkotrajne prekide i varijacije napona napajanja. U ovom radu izvršena je teorijska analiza izvora, mehanizam nastajanja i posledica naponskih udara, kao i eksperimentalna provera ispitivanja imunosti uređaja IT na naponske udare.

Кljučne reči — uređaji, IT, imunost, naponski, udari.

I. UVOD

Tranzijentni prenaponi u sistemima za napajanje nastaju dovodenjem energije u sistem za napajanje. U principu postoje dve vrste izvora: prirodni kao što su atmosfersko i elektrostatičko pražnjenje, ili pojave koje uzrokuje čovek, kao što su komutacione pojave (prekidački tranzijenti) i naponska pražnjenja usled kvara ili greške.

Ove pojave uzrokuju kratkotrajne (reda nanosekunde ili mikrosekunde) naponske impulse visoke amplitude, dovoljne da poremete rad elektronskih kola, a u nekim slučajevima imaju dovoljno energije da oštete ili unište pojedine komponente kola.

Šteta na uređajima može biti trenutna, kad tranzijentni napon izazove pregorevanje poluprovodničkih komponenata zbog energije tranzijenta ili latentna, kada su izolacija ili komponente ozbiljno podvrgnute opterećenju jednog ili nekoliko tranzijenata ali ne do tačke neposrednog otkaza. Kasnije, tranzijent ili drugi stres koji normalno ne bi prouzrokovao probleme, deluje na oslabljenu izolaciju ili komponente, prouzrokujući kvar bez nekog vidljivog razloga.

Linije za napajanje, za razliku od linija za prenos podataka, mogu generisati sopstvene tranzijente, koji se dodaju na ubačene tranzijente. Linije za prenos podataka, međutim, samo su objekat na koji se ispoljavaju uticaji okoline.

Radni naponi i tolerancija prenapona komponenti za obradu signala u ovim sistemima za prenos podataka su generalno mnogo niži nego oni kod komponenti sistema za napajanje. Prema tome, šteta, ne računajući probleme prestanka rada, će verovatnije nastati na linijama za prenos podataka nego na komponentama sistema za napajanje, pri istoj izloženosti ubačenim tranzijentima.

U bilo kom okruženju, uređaji IT¹ su podložni gubitku podataka, padu sistema, čak i oštećenjima i uništenju od strane naponskih tranzijenata kao rezultat odsustva ili pogrešne upotrebe zaštitne opreme. Slično tome, programabilni logički kontroleri poluprovodnički kontroleri motora, drajveri za promenu brzina i komponente za komunikaciju mogu biti oštećeni ovim tranzijentima.

U ovom radu je analizirano generisanje i ispitivanje imunosti uređaja IT na naponske udare u skladu sa standardom koji definiše IEC/EN 61000 – 4 - 5 (Surge immunity test). Posle izvršene ubrzane harmonizacije naših JUS standarda sa IEC/EN njegova primena je postala i kod nas obavezna.

II. NAPONSKI UDARI

A. Izvori i posledice naponskih udara

Udar groma može proizvesti mnogo više energije nego što smo ranije mislili da je verovatno. U stvari, "tipični" udar groma može nositi blizu 3 milijarde kW na približno 125 miliona volti, sa prosečnom strujom većom od 20.000 A. Kao dodatak ovoj ogromnoj produkciji energije i njenoj vizuelnoj pojavi (slika 1.), grom prouzrokuje izuzetno snažne tranzijente na sistemima za prenos električne energije, bilo da je direktni udar ili udar negde u blizini. U većini slučajeva, udarom groma indukovani impulsi, na lokalnim vodovima za napajanje električnom energijom, prouzrokuju štetu na osetljivoj opremi.



Sl. 1: Atmosfersko pražnjenje

Visoka energija tranzijenata koja se pojavljuje na portovima (priključcima) uređaja IT je u opštem slučaju posledica atmosferskog pražnjenja u blizini uređaja ili

M. Elezović, Tehnički opitni centar, Beograd, Srbija
(e-mail: miroslave@yahoo.com).

L. Petrović, Kriminalističko – policijska akademija Beograd, Srbija
(e-mail: lazar.petrovic@kpa.edu.rs).

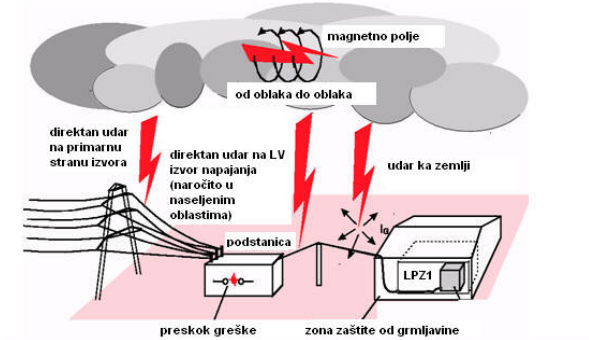
R. Stefanović, Vojna akademija Beograd, Srbija
(e-mail: radisastefanovic@yahoo.com).

¹ Pod uređajem informacione tehnologije (IT uređaj) podrazumeva se svaki uređaj čija je prvenstvena funkcija unošenje, skladištenje, prikazivanje, prenos, obrada, preusmeravanje ili upravljanje podacima i telekomunikacionim porukama (ili neka kombinacija navedenog). Pored toga, to su uređaji čiji naznačeni napon napajanja ne prelazi 600 V

poremećaja u distributivnoj mreži za napajanje (komutacione pojave), kao što su reagovanja zaštita usled kvara ili prekidanja baterije kondenzatora.

Atmosfersko pražnjenje može izazvati naponske udare (surge) sa energijom od nekoliko džula na sledeći način (slikau 2):

- *direktan udar groma* u primarna ili sekundarna električna kola, kasnije se može očekivati uništenje elemenata zaštite i povezane opreme, a prethodno će se preneti preko transformatora, i to ili preko transformatorske ili kapacitivne sprege,
- *indirektan udar groma* oblak - zemlja ili oblak - oblak, izaziva elektromagnetsko polje koje indukuje napon u svim provodnicima,
- *struja odvoda kroz zemlju* I_G , koja teče od mesta atmosferskog pražnjenja oblak - zemlja do uzemljene mreže preko zajedničke impedanse, izaziva znatan potencijal između različitih uzemljenih tačaka,
- *prihvati vod atmosferskog pražnjenja* (prihvati ili preskok), izaziva u instalaciji zgrade (objekta) naponske tranzijente.



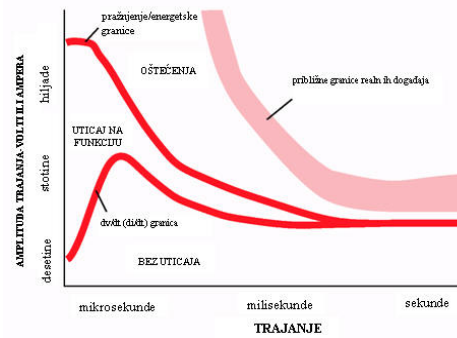
Sl. 2: Mehanizam generisanja naponskih udara

Zaštita zgrada i njihovih električnih instalacija od atmosferskog pražnjenja je predmet posebnih standarda. Ti standardi definišu hijerarhijski zaštitne zone unutar instalacija, ali dopuštaju neke nivoe pražnjenja čak i u najdubljoj zaštitnoj zoni, tako da je neophodno da pojedini proizvodi (uređaji) imaju određeni stepen imunosti na indukovane prenapone.

Struja kratkog spoja ka masi u distributivnoj mreži napajanja električnom energijom prouzrokuje tranzijente čija je energija srazmerna $0,5 \times L \cdot I^2$, a uskladištena u induktansama sistema napajanja može da dostigne stotine ampera u kućnim, odnosno komercijalnim kolima, ali i veća za neke industrijske izvore. Operacija uključivanja kondenzatora za korekciju faktora snage generiše oscilacije na vrlo niskim frekvencijama (reda kHz) koje traju nekoliko milisekundi.

B. Uticaj na uređaje IT

Naponski udari primenjeni na uređaje IT mogu izazvati njihova oštećenja i potpunu neispravnost ili u blažem slučaju neregularan rad. Dijagram na slici 3 daje približno odnose između parametara naponskih udara i njihovih posledica na uređaje IT.



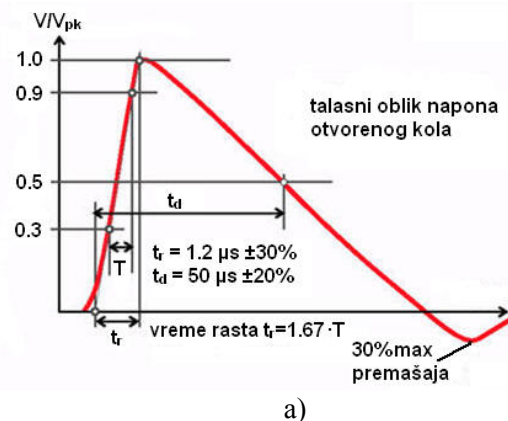
Sl. 3: Dijagram uticaja parametara naponskih udara na uređaje IT

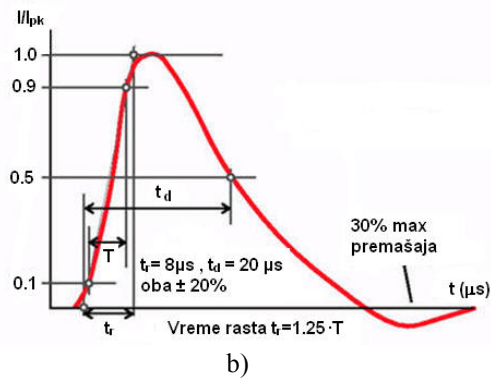
C. Standard

Standard IEC/EN 61000-4-5, kao osnovni standard, propisuje kombinovani naponsko - strujni impuls ($1.2/50\mu s$ naponski i $8/20\mu s$ strujni) koji su prikazani na slici 4.

Standard se poziva na ITU K.17 koji definiše naponski impuls oblika $10/700\mu s$, primenljiv na telekomunikacione priključke (portove), prikazan na slici 5.

Generator naponskih udara koji definiše standard IEC/EN 61000-4-5 ima kombinaciju strujnog i naponskog impulsa specificiranog oblika, jer će zaštitni elementi u uređajima koji se ispituju, (ako su prisutni, nastupa preskok ili njihov proboj), izvršiti prebacivanje sa visoke na nisku impedansu rada. Stoga će jedan deo naponskog impulsa biti raspodeljen preko visoke impedanse a jedan deo preko niske impedanse. Veličine elemenata generatorskog kola su definisane tako da generator isporučuje naponski impuls oblika $1.2/50\mu s$ preko visokoomskog opterećenja (veće od 100Ω), a strujni impuls oblika $8/20\mu s$ u kratkospojeno kolo (slika 4).





Sl. 4: Oblik kombinovanog impulsa naponskog udara
a) naponski, b) strujni impuls

Kako su oblici impulsa specificirani kao naponski i strujni, moraju se kalibrirati za oba slučaja: otvoreno kolo i kratkospojeno kolo.

D. Oscilatorni oblik

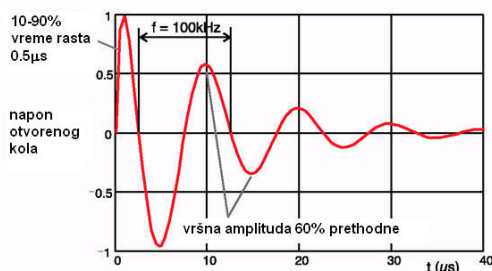
Merenja su pokazala da u većini slučajeva naponski udari u unutrašnjim sistemima napajanja električnom energijom imaju oscilatorni oblik (Ring wave). Čak i u slučaju starta sa jednosmernim naponskim udarom isti pobuđuje prirodnu (sopstvenu) rezonansu sistema.

Frekvencija oscilacija može varirati između 1 kHz i 500 kHz i može imati različite amplitude i oblike u zavisnosti od mesta u sistemu.

Standard IEC 61000-4-12 definiše "ring wave" sa karakteristikama prikazanim na slici 5.

Ovaj oblik naponskog udara je zamišljen kao reprezent širokog opsega uticaja elektromagnetskog okruženja stambenih i industrijskih instalacija.

Uprkos tome, nije šire prihvaćen od strane odbora proizvođača opreme, koji je odgovoran za izbor osnovnih standarda za ispitivanje, i kao rezultat toga, ovaj standard nije šire primenjen u ispitivanju opreme.



Sl. 5: Oscilatorni oblik naponsko udara "ring wave" u skladu sa IEC 61000-4-12

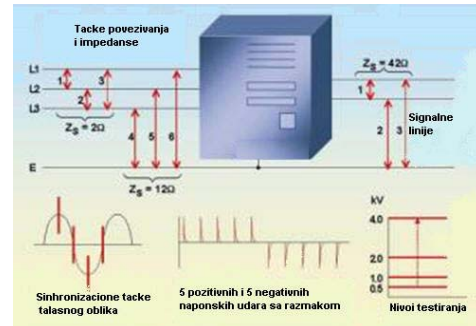
Za kombinovani oblik impulsa i oblik impulsa za telekomunikacione linije, nema drugih ograničenja po pitanju rasporeda opreme pri ispitivanju.

E. Bezbednost i sprezanje generatora naponskog udara sa ispitivanom opremom

Naponski udari sadrže visoku energiju, jer amplitude napona iznose i do 4 kV, a amplitude struje do 2 kA, što zahteva obavezne mere zaštite rukovaoca pri ispitivanju.

Za sprezanje (Coupling) kombinovanog oblika impulsa (naponski udar) na liniju mrežnog napajanja, generator se direktno spaja između pojedinih faza preko kondenzatora od 15 μ F, a između pojedinih faza i zemlje preko otpornika od 10 Ω i kondenzatora od 9 μ F (slika 6).

To znači da je najveća raspoloživa energija iz generatora, efektivne unutrašnje impedanse od 2 Ω , stvarno primenjena samo između faza.



Sl. 6: Način sprezanja generatora naponskih udara sa linijom napajanja ispitivane opreme

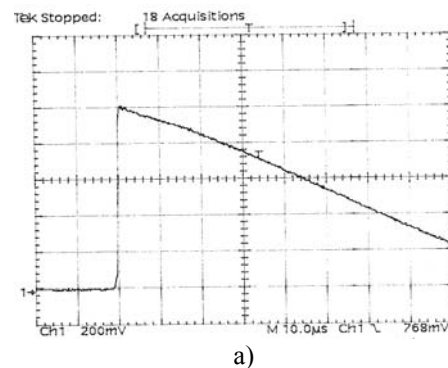
F. Rezultati ispitivanja

Ispitivanje je izvršeno prema kriterijumima datim u standardu IEC CISPR 24:1997 (odjeljak 8, tabela 4 pod 4.4, kriterijum B) i prema metodologiji definisanoj u standardu IEC/EN 61000-4-5.

Izvršene su dve vrste ispitivanja:

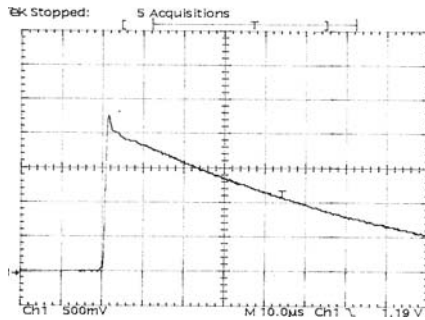
- ispitivanje imunosti printera na naponske impulse dovedene između faznog i nultog provodnika kabla za napajanje,
- ispitivanje imunosti printera na naponske impulse dovedene između faznog (odnosno nultog) provodnika kabla za napajanje printera prema masi (prema metalnoj foliji kojom je bio omotan deo dna kućišta printera).

Ispitivanje je izvršeno na printeru SRP-270DF u radnom stanju priključenom na mrežni napon napajanja 220V, 50Hz. Ispitivanja (a) i (b) izvršena su sa po 5 pozitivnih i 5 negativnih impulsa za svaku kombinaciju ispitivanja (za (a) ukupno 10, za (b) ukupno 20).



Ispitni impulsi imali su sledeće karakteristike:

- $T_r/T_h = 1.2/50 \mu$ s,
- $A = 1.0$ kV (za vrstu ispitivanja (a), slika 7a),
- $A = 2.0$ kV (za vrstu ispitivanja (b), slika 7b).



b)

Sl. 7: Oblik naponskog impulsa za ispitivanje na naponske udare

- a) neopterećen impuls koji daje generator
- b) isti impuls opterećen impedansom printera

U toku i nakon ovog ispitivanja, radne funkcije printera su ostale nepromenjene. Takođe, nisu zapažene promene u sadržaju memorije printera.

III. ZAKLJUČAK

Izvori tranzijentnih poremećaja, izuzev elektrostatičkih, obično nisu u blizini ugroženih uređaja IT i njihova energija se najčešće prenosi u elektronska kola preko kablovskih veza. Stoga, ispitivanje imunosti obuhvata primenu višestrukih naponskih impulsa definisanog oblika i nivoa na svaki relevantni kablovski priključak, na specifičan i ponovljiv način.

U svetu je prisutan trend porasta zahteva za ispitivanje imunosti uređaja na uticaje tranzijentnih poremećaja u mreži za napajanje i ova ispitivanja imaju primenu pri ispitivanju širokog spektra proizvoda, kao što su uređaji informacione tehnologije, telekomunikacioni uređaji, komercijalni i industrijski proizvodi, motorna vozila i njihove komponente.

S obzirom da se radi o veoma kompleksnoj oblasti, pre svega zbog pojava visokonaponskih impulsa ekstremno kratkog trajanja, uz veliku strminu čela i visoku frekvenciju ponavljanja, nedovoljno poznavanje pojava, ispitivane opreme i ispitne opreme može izazvati oštećenja

i jedne i druge opreme, kao i nemogućnost tumačenja rezultata ispitivanja i ocenjivanja.

Očigledno je da ova ispitivanja nisu rutinska pa se stoga u mnogim stručnim člancima iz ove oblasti potencira stručnost i iskustvo ispitivača.

IV. LITERATURA

- [1]. Francois Martzloff (2004), "The protection of computer and electronic system Against Power Supply and data lines Disturbances", General Electric Company, NY
- [2]. Schaffner, "Transient Immunity Testing a handy guide Schaffner", www.Schaffner.com
- [3]. IEC 61000-4-5 (2001), "Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test", International Electrotechnical Commission
- [4]. John De Dad (2006), "Looking For Sources of Transient Overvoltages", www.ecmweb.com
- [5]. JUS IEC 50 (1997), "Međunarodni elektrotehnički rečnik – Poglavlje 161: Elektromagnetska kompatibilnost", JSZ
- [6]. IEC CISPR 22 (2003), "Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and method of measurement", International Electrotechnical Commission

Abstract – Immunity on transient disturbances in main supply of information technology (IT) devices includes Electrostatic discharge immunity, Electrical fast transient/burst immunity, Surge immunity and Voltage dips, Short interruptions and Voltage variations immunity. In this paper is performed theoretical analysis of source, mechanism appeared and consequence of surge, and experimental work for Surge immunity test of IT devices.

IT DEVICES IMMUNITY TO SURGE IN MAIN SUPPLY

M. Elezović, L. Petrović, R. Stefanović