

ISPITIVANJE IMUNOSTI IT UREDJAJA NA UTICAJE TRANZIJENTNIH POREMEĆAJA U MREŽI ZA NAPAJANJE NAPONSKIM UDARIMA

mr Miroslav Elezović, *Tehnički opitni centar, Beograd,*
e-mail: miroslave@yahoo.com

Sadržaj: *Ispitivanje imunosti uređaja informacione tehnologije (IT uređaja) na tranzijentne poremećaje u mreži napajanja obuhvata ispitivanje imunosti 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 IT uređaja na naponske udare.*

Ključne reči: Informaciona, tehnologija, imunost, naponski, udari

TESTING IMMUNITY ON TRANSIENT DISTURBANCES IN MAIN SUPPLY OF IT EQUIPMENTS FOR SURGE IMMUNITY TEST

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

Key words: Information, technology, immunity, surge

1. UVOD

Tranzijentni prenaponi u sistemima za napajanje nastaju iz jednog razloga, energije koja se dovodi u sistem za napajanje, ali iz dva 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.

Linije za napajanje, za razliku od linija za prenos podataka mogu generisati sopstvene tranzijente, dodatno na ubačene tranzijente. Linije za prenos podataka, međutim, samo su objekat na koji će okolina uticati.

Međutim, 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.

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.

U bilo kom okruženju, računari 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 (PLCs), poluprovodnički kontroleri motora, drajveri za promenu brzina (VSDs) i komponente za komunikaciju mogu biti oštećeni tranzijentima.

Imunost (otpornost) opreme na neke izvore tranzijentnih pojava koji su prisutni u elektromagnetskom okruženju elektronske opreme nazivamo Elektromagnetska kompatibilnost (EMC).

U ovom radu je analizirano ispitivanje imunosti uređaja informacione tehnologije na naponske udare u skladu sa standardom koji definiše IEC (EN) 61000-4-5 (Surge immunity test). Kod nas nije obavezna njegova primena, ali se očekuje ubrzana harmonizacija naših JUS standarda sa EN.

2. NAPONSKI UDARI

2.1 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 (videti sliku 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.



Slika 1: Atmosfersko pražnjenje

Prema standardu IEC CISPR 22, 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.

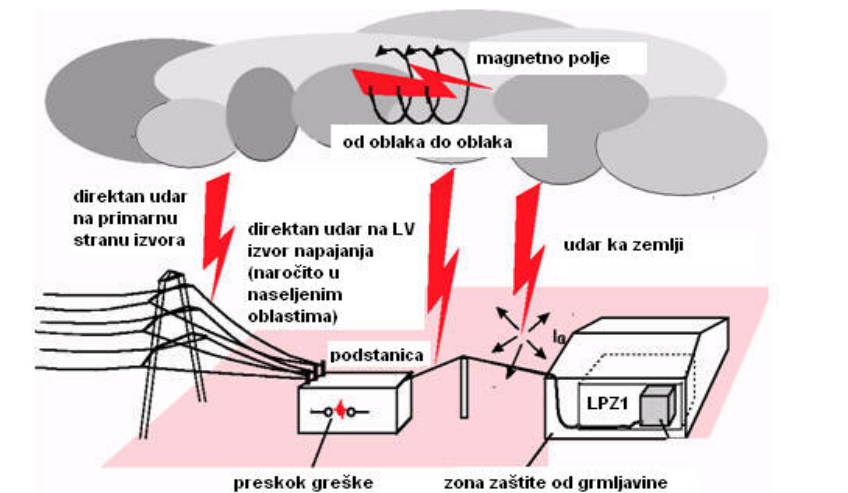
Visoka energija tranzijenata koja se pojavljuje na portovima (priključcima) uređaja informacione tehnologije je u opštem slučaju posledica atmosferskog pražnjenja u blizini uređaja ili poremećaja u distributivnoj mreži za napajanje (komutacione pojave), kao što su reagovanja zaštita usled kvara ili prekidanja baterije kondenzatora.

Atmosfersko pražnjenje može izazvati naponske udare (surge) sa energijom od nekoliko džula na sledeći način (videti sliku 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,
- prihvatni vod atmosferskog pražnjenja (prihvat ili preskok), izaziva u instalaciji zgrade (objekta) naponske tranzijente.

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 najdubljim zaštitnim zonama, tako da je neophodno da pojedini proizvodi (uređaji) imaju određeni stepen imunosti na indukovane prenapone.

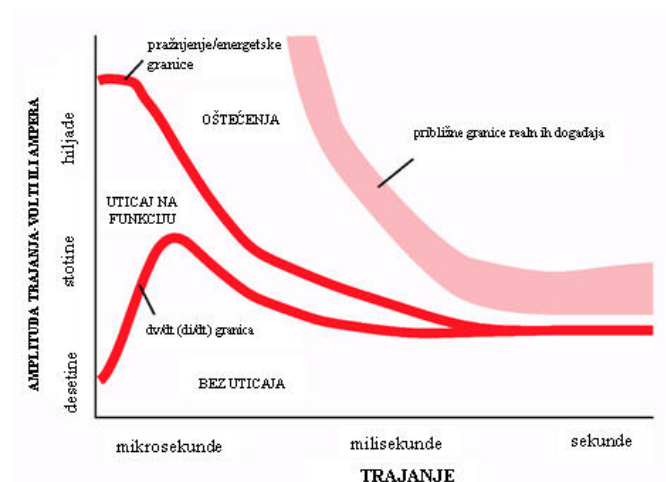
Struja kratkog spoja ka masi u distributivnoj mreži napajanja električnom energijom prouzrokuje tranzijente čija je energija srazmerna $0,5 L \cdot I^2$, uskladištena u induktansama sistema napajanja može da dostigne stotine ampera u kućnim, odnosno komercijalnim kolima, ali i veća za neke industrijske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



Slika 2: Mehanizam generisanja naponskih udara

2.2 Uticaj na IT uređaje

Naponski udari primenjeni na IT uređaje mogu izazvati njena 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 opremu.



Slika 3: Dijagram uticaja parametara naponskih udara na elektronsku opremu

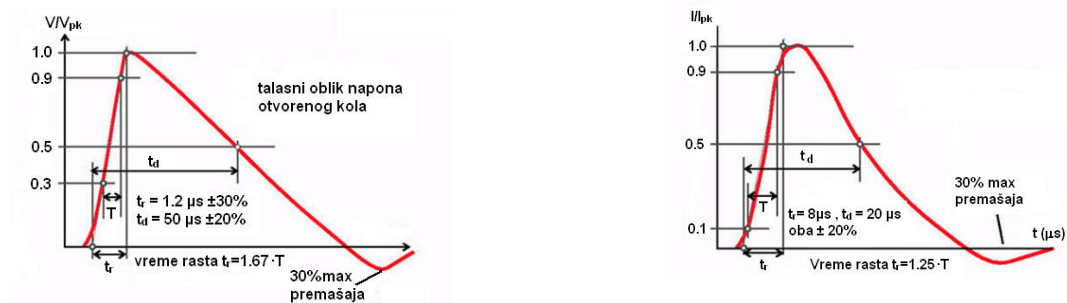
2.3 Standard

Standard IEC 61000-4-5 (i njegov EN ekvivalent), 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 CCITT (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 61000-4-5 ima kombinaciju strujnog i naponskog impulsa specificiranog oblika, jer će zaštitni elementi u

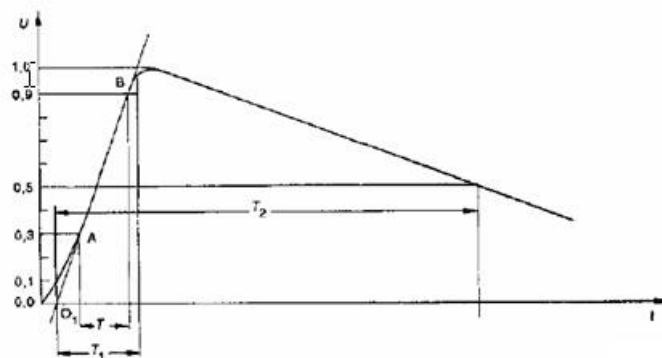
uređajima koji se ispituju (ako su prisutni, nastupiće preskok ili njihov proboj) izvršiti prebacivanje sa visoke na nisku impedansu rada. Stoga će jedan deo naponskog impulsa biti raspodeljen preko visoke impedanse a jedan deo preko niske impedanse. Veličine elemenata generatorskog kola su definisane tako da generator isporučuje naponski impuls oblika $1.2/50\mu s$ preko visokoomskog opterećenja (veće od $100\ \Omega$), a strujni impuls oblika $8/20\mu s$ u kratko-spojeno kolo (videti sliku 4).



Slika 4: Oblik kombinovanog impulsa naponskog udara (naponski-strujni impuls)

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

Za portove (priključke) spojene sa telekomunikacionim linijama zahteva se gore pomenut oblik naponskog impulsa $10/700\mu s$. Oblik naponskog impulsa specificiran je na isti način kao i prethodni kombinovani oblik, sa vremenom uspostave (čelo) od $10\mu s \pm 30\%$ i vremenom opadanja do polovine vrednosti (širina impulsa) od $700\mu s \pm 20\%$.



Slika 5: Oblik naponskog impulsa $10/700\mu s$ definisanog u skladu sa CCITT koji se primenjuje na telekomunikacione portove

U standardu nije dat oblik strujnog impulsa a umesto toga date su vrednosti komponenti impulsnog generatora. Generator ima izlaznu otpornost od $25\ \Omega$ koju može obezbediti ili unutrašnji ili spoljašnji otpornik za sprezanje.

2.4 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

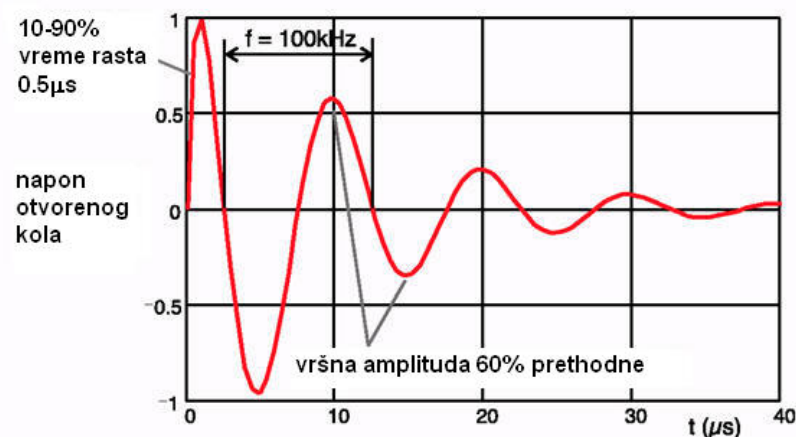
slučaju starta sa jednosmernim naponskim udarom isti pobuđuje prirodnu (sopstvenu) rezonansu sistema.

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 6.

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.



Slika 6: Oscilatorni oblik naponsko udara "ring wave" u skladu sa IEC 61000-4-12

2.5 Praktični aspekti primene naponskih udara

Niži frekventni spektar koji sadrže oblici naponskog udara uzrokuje više tolerancije u varijantama organizovanja (postavljanja) ispitivanja udarnim naponom, pa u pogledu rasporeda opreme koja se ispituje, sprežnih uređaja i generatora impulsa standard daje manje ograničenja. Kabl između ispitivane opreme i sprežujuće/rasprežujuće mreže treba da bude dužine od 2 m i manje (1 m za oscilatorni impuls).

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

2.6 Bezbednost

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.

Ako postoji verovatnoća da se ispitni napon može pojaviti na spoljnim provodnim delovima ili se ispitni napon primenjuje direktno na metalnom plaštu ekranizovane interfejs-linije, za vreme ispitivanja ispitivači moraju biti udaljeni od ispitivane opreme.

U svakom slučaju, gde je to moguće, ispitivani uređaj treba odspojiti od ostale opreme, a cela postavka treba da bude dobro izolovana radi sprečavanja naponskih preskoka.

Takođe, velika otpornost u strujnoj petlji naponskog udara može uzrokovati veliku disipaciju i pregrevanje što u krajnjem slučaju može izazvati opasnost od požara.

Na isti način, uređaji za prigušenje naponskih udara unutar ispitivane opreme, mogu katastrofalno otkazati uz iste posledice.

Treba obezbediti da su svi spojevi sposobni da provedu očekivanu struju, pa je potrebno imati aparat za gašenje požara pri ruci.

2.7 Sprezanje generatora naponskog udara sa ispitivanom opremom

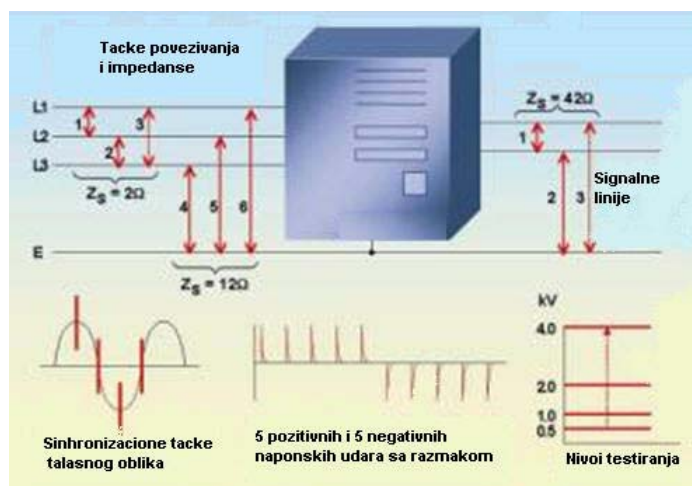
Za sprezanje (Coupling) kombinovanog oblika impulsa (naponski udar) na liniju mrežnog napajanja, generator se direktno spaja između pojedinih faza preko kondenzatora od $15\ \mu\text{F}$, a između pojedinih faza i zemlje preko otpornika od $10\ \Omega$ i kondenzatora od $9\ \mu\text{F}$ (slika 7).

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

Mreža za sprezanje sa linijama za prenos signala sadrži u sebi serijski povezan otpornik od $40\ \Omega$, koji znatno reducira energiju primenjenog naponskog udara.

Sprezanje impulsa naponskog udara na signalne linije mora biti invazivno, tj. ne vrši se sprezanje pomoću uređaja za kapacitivnu spregu (clamp type), već se dopušta korišćenje gasnog odvodnika prenapona za sprezanje sa signalnom linijom.

Za "širmovane" linije koristi se posebna metoda, tj. na linije se udarni napon primenjuje longitudinalno duž širma, pri čemu je sprezanje direktno na ispitivanu opremu preko "bifilarno" (neinduktivno) uvijenog kabla od 20 m, koji je na drugom kraju uzemljen.



Slika 7: Način sprezanja generatora naponskih udara (kombinovani oblik) sa linijom napajanja ispitivane opreme

2.8 Postupak ispitivanja naponskim udarima

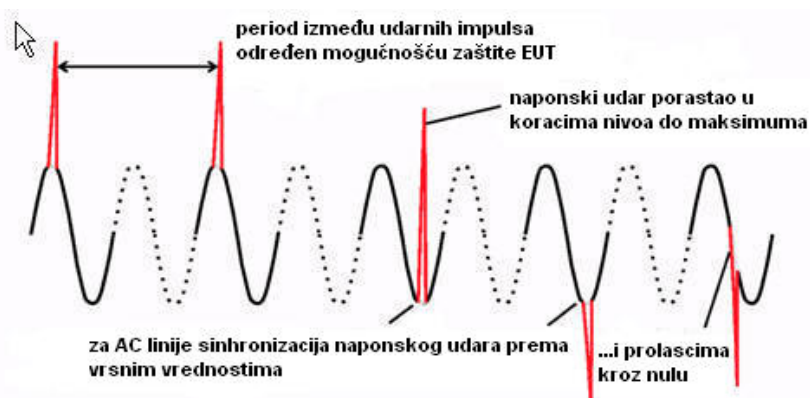
Postupak ispitivanja zahteva sledeće korake, imajući u vidu da ih ugovoreni plan ispitivanja može izmeniti:

- Primeniti najmanje pet pozitivnih i pet negativnih impulsa naponskog udara na svaku tačku sprezanja, ali je bolje primeniti dovoljan broj impulsa u cilju utvrđivanja svih kritičnih tačaka u pojedinim režimima rada ispitivane opreme,
- Sačekati najmanje 1 minut nakon svakog impulsa da bi se oporavili elementi za prenaponsku zaštitu unutar ispitivane opreme,
- Primeniti naponske udare između linija napajanja ispitivane opreme, svako sa svakim, (tri kombinacije za trofazni sistem povezan u trougao, šest kombinacija za trofazni sistem povezan u zvezdu i jedna kombinacija za monofazni sistem) i između linija napajanja ispitivane opreme i zemlje (dve kombinacije za monofazni sistem, tri kombinacije za trofazni sistem povezan u trougao i četiri kombinacije za trofazni sistem povezan u zvezdu),
- Sinhronizovati naponske impulse u trenutku prolaska kroz nulu i u trenutku pozitivnih i negativnih vršnih vrednosti sinusoide mrežnog napona napajanja (slika 8),
- Povećavati vrednost ispitnog napona u koracima (stepenasto) do specificirane (propisane) maksimalne vrednosti tako da svi niži nivoi ispitnog napona budu zadovoljeni – veličina koraka se generalno interpretira kao određeni nivo u određenom vremenskom periodu pre nego fiksirani naponski korak od na primer 500 V.

Najgori slučaj iterpretacije ovih zahteva bi bio takav da za slučaj pojedinačnog kompletnog ispitivanja trofaznog sistema vezanog u zvezdu i ispitnog nivoa 4 (ispitni napon 4 kV), treba utrošiti oko 27 časova ne računajući vreme pripreme ispitivanja i vremena pauza u toku ispitivanja.

Obrazloženje za "svi niži nivoi moraju biti zadovoljeni" je da kod mnogih tipova elemenata za zaštitu od prenapona (unutar ispitivane opreme) karakteristike variraju u zavisnosti od vrednosti ispitnog napona.

Kod ovih elemenata za slučaj visoke amplitude prenapona može doći do proboja i ograničenja amplitude naponskog impulsa, a za slučaj niže amplitude prenapona ne dolazi do aktiviranja ili je reakcija sa različitom karakteristikom. Najgori mogući slučaj je niski probojni napon zaštitnog elementa.



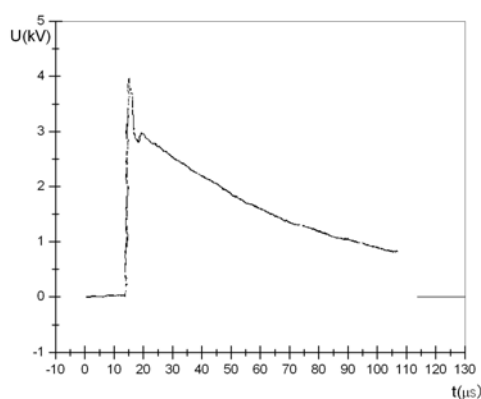
Slika 8: Sinhronizovanje impulsa naponskog udara na liniju mrežnog napajanja

Isto tako, kada se naponski udar primenjuje u različitim trenucima u odnosu na ciklus sinusoide mrežnog napona, reakcija ispitivane opreme može biti promenljiva usled rada električnih kola ili zbog ponašanja zaštitnih elemenata. Na primer, strujno kolo koje prati prolazak sinusoide mrežnog napona kroz nulu, a nije filtrirano, može imati neželjenu reakciju u slučaju negativnog impulsa naponskog udara superponiranog na pozitivnu amplitudu sinusoide mrežnog napona.

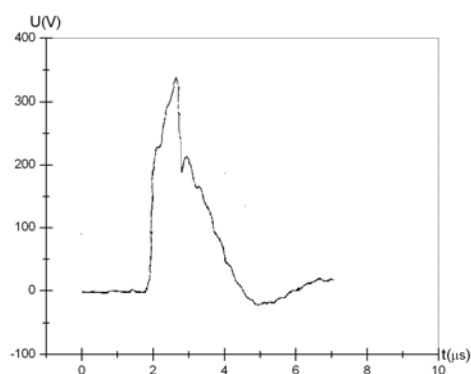
2.9 Rezultati ispitivanja

Ispitivanje imunosti telekomunikacionih uređaja na naponske udare izvršeno je na elektronskim sklopovima koji su namenjeni za zaštitu digitalnih telefonskih centrala i druge komunikacione opreme od indukovanih prenapona, atmosferskih pražnjenja i direktnog spoja telekomunikacione linije sa niskonaponskom mrežom 220V/50Hz.

Ispitivanje je izvršeno u skladu sa CCITT standardom K.20 generatorom impulsnog prenapona 1,5 kV/10/1000 μ s i 4 kV/1,2/50 μ s. Reagovanje zaštite prikazana je na narednim slikama.



a)



b)

Slika 9: a) prenaponski impuls 4 kV/1,2/50 μ s kojim se proverava zaštita
b) prenaponski impuls 4 kV/1,2/50 μ s pri delovanju prenaponske zaštite

Na slici 9 a) prikazan je oblik prenaponskog impulsa, a na slici 9 b) prikazano je delovanje prenaponske zaštite šticeg uređaja. Udarai napon vršne vrednosti od 4 kV prigušen je delovanjem prenaponske zaštite na vrednost od 300 V.

U toku ispitivanja nisu uočena bitna odstupanja u reagovanju prenaponske zaštite pri delovanju indukovanii prenapona.

3. ZAKLJUČAK

Izvori tranzijentnih poremećaja (izuzev elektrostatičkih), obično nisu u blizini ugroženii IT uređaja 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 specificiran 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, nejasnoće u zahtevima, nedovoljno iskustvo u postavljanju ispitivanja, 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.

4. 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.