

# PRIMJENA UREĐAJA ZA ZAŠTITU OD PRENAPONA U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA

Mr. sc. Ivan M a t e k o v i ć, Zagreb

UDK 621.316.91  
PREGLEDNI ČLANAK

Električna oprema i uređaji su s obzirom na udarne napone svrstani u četiri prenaponske kategorije. Za svaku od tih prenaponskih kategorija je dan podnosivi udarni napon (kao tjemeni iznos oblika 1,2/50  $\mu$ s) koji oprema, odnosno uređaj mora izdržati. Procijeni li se da je rizik od prenapona veći od troškova ugradnje uređaja za zaštitu od prenapona u električnu instalaciju pristupa se projektiranju zaštite. Zaštitu od prenapona treba projektirati uvažavajući neke datosti kao što su korišteni sustav električne razdjelbe, karakteristike uređaja za zaštitu od prenapona, zahtjevi za nesmanjenom djelotvornošću uređaja za zaštitu od kratkog spoja i preopterećenja te zaštitnih strujnih sklopki i zahtjevi elektrodistributivnog poduzeća. Pravilno projektirana i izvedena zaštita od prenapona povećava raspoloživost električne instalacije.

**Ključne riječi:** prenapon, zaštita od prenapona, prenaponska kategorija, uređaj za zaštitu od prenapona, udarna odvodna struja, napon prorade, zaštitni nivo.

## 1. UVOD

Prenapon se najčešće definira kao “kratkotrajno nastupajući napon između dva vodiča ili vodiča i zemlje koji prekoračuje najviši dozvoljeni iznos pogonskog napona”. Negativni utjecaji prenapona očituju se u naprezanju izolacije električne opreme i uređaja priključenih na električnu instalaciju, zbog čega dolazi ili do proboja izolacije ili do preskoka u zraku ili do kliznog proboja preko površine izolacije. Iako je samo razaranje uređaja odnosno opreme dojmljivo, neusporedivo veće štete nastaju zbog dugotrajnih prekida u proizvodnji ili u poslovanju. Nema više izmjene podataka u poduzeću jer nema adresa kupaca, nema pripreme proizvodnih procesa, nema naručivanja materijala, nema vođenja i nadziranja proizvodnje, nema CAD-crteža, nema isporuka, nema plaćanja, nema informacija. Štete se mjere u milijardama bilo koje novčane jedinice.

Kako je pokazano u [1] procijenjeni rizik od prenapona u električnim instalacijama je puno veći od troškova ugradnje zaštite od prenapona. Tako je, naprimjer, procijenjeni rizik od prenapona za poslovne prostore jednog srednje velikog prodavatelja automobila 224 318 EUR-a/god., dok su troškovi ugradnje zaštite od prenapona procijenjeni na 13 000 EUR-a. Također je dan primjer jedne srednje velike obiteljske kuće za koju je procijenjen rizik od prenapona iznosa 11 199 EUR-a/god., dok su procijenjeni troškovi ugradnje zaštite od prenapona 1 400 EUR-a. Prema tome, nije

sporno da li treba u električnu instalaciju ugraditi uređaje za zaštitu od prenapona, već je pitanje koje i kakve uređaje ugraditi.

## 2. ELEKTRIČNA OPREMA I UREĐAJI S OBZIROM NA PRENAPONSKE KATEGORIJE

Električnu instalaciju je potrebno promatrati kao cjelovit sustav koji treba zaštititi od prenapona. Da bi se odredio stupanj raspoloživosti električne opreme i uređaja s obzirom na otpornost na udarne napone oni se projektiraju, izrađuju i ispituju prema prenaponskim kategorijama. Postoje četiri prenaponske kategorije; za svaki projektirani napon električne opreme i uređaja definira se za određenu prenaponsku kategoriju podnosivi udarni napon (oblika 1,2/50  $\mu$ s) koji ta oprema odnosno uređaj mora izdržati. U tablici 1 prema [2] dan je pregled prenaponskih kategorija za slučaj niskonaponskih postrojenja u koje spadaju i električne instalacije.

**Tablica 1. Otpornost električne izolacije električnih pogonskih sredstava na podnosivi udarni napon oblika 1,2/50  $\mu$ s**

Projektirani pogonski napon prema zemlji (V)	Prenaponska kategorija			
	I.	II.	III.	IV.
	Podnosivi udarni napon (V)			
230/400 i 277/480	1500	2500	4000	6000
400/690	2500	4000	6000	8000
1000	Vrijednosti određuje projektant električne instalacije			

Za slučaj električne instalacije 230/400 V vrijedi:

- Električna oprema prenaponske kategorije IV je predviđena za primjenu na ili u blizini točke priključka električne instalacije (prije glavnog razdjelnika). Primjeri takve opreme su električno brojlilo, glavni osigurač, rastavna sklopka, stezaljke, ...
- Električna oprema prenaponske kategorije III je predviđena za ugradnju tako da čini sastavni dio stalno položene električne instalacije. Primjeri takve opreme su razdjelnik, automatski prekidač, kabel i instalacijski vod, instalacijska kutija, sklopka, utičnica, odnosno električni uređaji koji su fiksno priključeni na električnu instalaciju.
- Električni uređaji prenaponske kategorije II su predviđeni za priključak na električnu instalaciju preko utičnica (kućanski uređaji, prenosivi alati i slična pogonska sredstva).
- Električni uređaji prenaponske kategorije I imaju relativno malu otpornost na udarne napone. Da bi se zaštitili od prenapona u njih ili neposredno ispred njih se ugrađuju posebno izvedeni uređaji za zaštitu od prenapona.

Pravilnim izborom prenaponske kategorije električnog uređaja ili opreme postiže se koordinacija izolacije cjelokupnog postrojenja električne instalacije i to je osnova zaštite od prenapona.

### 3. UREĐAJI ZA ZAŠTITU OD PRENAPONA U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA

Da bi se od prenapona dodatno zaštitila električna instalacija, oprema ugrađena u nju kao i električni uređaji priključeni na nju, u električnu instalaciju se ugrađuju uređaji za zaštitu od prenapona (u daljnjem tekstu UZP). S obzirom na mjesto postavljanja u električnoj instalaciji UZP se dijele na tipove uz koje se vežu Ispitne klase 3. Moguće ih je povezati s prenaponskim kategorijama kako slijedi:

- UZP-Tip 1 Ispitne klase I je određen za zaštitu električne instalacije i ugrađene opreme u području prenaponske kategorije IV. To znači da je predviđen za odvod struje munje kod direktnog udara munje. Sukladno tim zahtjevima mora biti njegov zaštitni nivo i njegova maksimalna udarna odvodna struja. Ugrađuje se na mjestu uvoda električne instalacije u zgradu između kućnog priključka i električnog brojila.
- UZP-Tip 2 Ispitne klase II je određen za zaštitu električne instalacije i ugrađene opreme u području prenaponske kategorije III. U tom području se pojavljuje prenapon koji je ušao u električnu instalaciju usprkos ugrađenog UZP-Tip 1 (kao njegov zaostali napon), prenapon nastao induktivnom, konduktivnom ili kapacitivnom vezom zbog bliskog udara munje te prenapon nastao u električnoj instalaciji zbog sklopnih procesa ugrađene opreme odnosno električnih uređaja. Prenaponskoj kategoriji III mo-

raju biti prilagođeni zaštitni nivo i udarna odvodna struja UZP-a. UZP se ugrađuje u razdjelnike zgrade.

- UZP-Tip 3 Ispitne klase III je određen za zaštitu električne instalacije, ugrađene opreme i električnih uređaja u području prenaponske kategorije II; sukladno tome moraju biti prilagođeni zaštitni nivo i udarna odvodna struja. Ugrađuje se u fiksno postavljene utičnice ili u prenosive utičnice.

Vrijedeća podjela UZP-a prema [3] na Tipove 1, 2, 3 odgovara prijašnjoj podjeli Odvodnika prenapona prema [7] na Klase zahtjeva B, C, D tako da približno vrijedi:

- UZP-Tip 1 Ispitna klasa I odgovara Odvodniku prenapona Klase zahtjeva B,
- UZP-Tip 2 Ispitna klasa II odgovara Odvodniku prenapona Klase zahtjeva C,
- UZP-Tip 3 Ispitna klasa III odgovara Odvodniku prenapona Klase zahtjeva D.

S obzirom na prenaponske kategorije u električnu instalaciju ugrađene opreme, odnosno priključenih električnih uređaja, najbolje je zaštitu od prenapona u električnim instalacijama provesti stupnjevano ugrađujući UZP-e sva tri tipa. Kod toga trebaju biti sva tri UZP-a istog projektiranog napona  $U_c$ , mogu se razlikovati u sposobnosti odvođenja udarne struje, a moraju se razlikovati u zaštitnom nivou. Uvijek kada se primjenjuje više UZP-a za zaštitu opreme ili uređaja potrebno je preispitati da li su zaštitni nivo UZP-a i mjesto ugradnje UZP-a prikladni šticeenom uređaju. Cilj je ograničiti prodiranje prenapona pomoću UZP-a na iznos manji od otpornosti šticeenog uređaja na prenapon.

Izvedba UZP-a se može zasnivati na različitim komponentama ili kombinacijama komponenata (iskrište, plinski odvodnik prenapona, varistor, tunel-dioda, tiristor, ...). U području električnih instalacija se najčešće koriste izvedbe UZP-a s komponentama koje ograničavaju napon (varistori) ili s komponentama koje sklapaju napon (zračna iskrišta, plinski odvodnici prenapona) ili s kombinacijom obje vrste komponenata u različitim spojevima. Dodatno su prema potrebi u UZP ugrađeni osigurači, temperaturni ograničivači, zavojnice, kondenzatori i slične komponente čiji osnovni zadatak nije ograničenje prenapona već imaju posebne uloge u smislu dojava i signalizacije ponašanja UZP-a.

Najjednostavnija izvedba iskrišta je u obliku dvije elektrode na određenom razmaku sa zrakom između njih kao izolatorom. Nakon prorade iskrišta pad napona na njemu je određen naponom gorenja električnog luka koji iznosi od 10 do 30 V. Visina slijedne struje je ovisna o impedanciji električne mreže te je kod niskoomskih električnih mreža potrebno ugraditi predosigurače kako bi se osiguralo njezino sigurno prekidanje. Da bi se poboljšale karakteristike iskrišta (naročito iznos udarne odvodne struje i gašenje elek-

tričnog luka) rade se posebne konstrukcije iskrišta kojima se to omogućava. U području električnih instalacija izvedbe UZP-a s iskrištima se koriste kod UZP-Tip 1.

Plinski odvodnik prenapona se sastoji od elektroda smještenih u keramičkom ili staklenom kućištu na određenom razmaku. Između elektroda se nalazi plemeniti plin (argon ili neon). Isti je problem s gašenjem slijedne struje kao i kod iskrišta. To se rješava posebnim spojevima plinskih odvodnika prenapona i varistora, a takve izvedbe se koriste kod UZP-Tipa 3.

Varistor je poluvodički naponski ovisan otpornik koji omogućuje relativno veliku udarnu odvodnu struju s malim zaostalim naponima. Koristi se kod UZP-Tip 2 i u spoju s plinskim odvodnikom prenapona kod UZP-Tip 3.

### 3.1. Električne karakteristike UZP-a bitne za korištenje u električnim instalacijama

#### 3.1.1. Projektirani napon UZP-a

Projektirani napon UZP-a prema [4] (odnosno najviši trajni napon  $U_c$  UZP-a prema [3]) je najviša efektivna vrijednost izmjeničnog napona koji može biti trajno priključen na UZP a da se njegova pogonska svojstva ne promijene. Kod ovog napona mora UZP podnijeti sva opterećenja koja mogu nastupiti a da ne dođe do njegova oštećenja. Projektirani napon UZP-a ne smije biti manji od efektivne vrijednosti najvišeg očekivanog pogonskog napona električne instalacije. Za različite sustave električnog razdjela projektirani napon UZP-a se određuje različito [4]:

- kod TN sustava električnog razdjela zbog kruto uzemljenog zvjezdišta transformatora može doći do ograničenog privremenog povećanja napona. Potrebno je uzeti da je  $U_c > (1,1 * 230) V$ .
- kod TT sustava električnog razdjela je zvjezdište transformatora, također, kruto uzemljeno te može doći samo do ograničenog povećanja napona tako da bi na toj osnovi bilo dovoljno uzeti da je  $U_c > (1,1 * 230) V$ . No, kod tog sustava može doći u jednom posebnom slučaju do greške kratkog spoja između vodiča i neutralnog vodiča [5] koja dovodi do povećanja napona između vodiča i neutralnog vodiča odnosno vodiča i zemlje na iznos  $1,45 * 230 V$ . Taj povećani napon može trajati do 5 sekundi. To znači da u električnu instalaciju ugrađeni UZP-i ne smiju proraditi kod tog iznosa napona.
- kod IT sustava električnog razdjela su zahtjevi s obzirom na izoliranost zvjezdišta transformatora mnogostruko veći. Uzimajući u obzir moguće greške u mreži sa stanovišta naprezanja UZP-a najnepovoljniji je jednopolni zemljospoj. Napon između vodiča koji nije u kvaru i zemlje može se povećati na iznos jednak linijskom naponu mreže. I u tom slučaju ne smije doći do prorade UZP-a te stoga mora vrijediti  $U_c > (1,1 * 400) V$ .

#### 3.1.2. Udarna odvodna struja

Udarna odvodna struja predstavlja tjemeni iznos udarne struje koju UZP nakon prorade može sigurno odvesti u zemlju. Vezano uz taj pojam postoji nekoliko veličina kojima se definiraju neki specifični zahtjevi na UZP.

- Nazivna udarna odvodna struja  $I_n$  predstavlja tjemeni iznos udarne struje oblika  $8/20$  s koju UZP-Tip 2 i UZP-Tip 3 mora odvesti u zemlju određeni broj puta bez oštećenja. Kod UZP-Tip 3 nazivna udarna odvodna struja mora biti veća od 1,25 kA bez obzira na sustav električnog razdjela u kojoj se UZP misli koristiti [4]. Kod UZP-Tip 2 se nazivna udarna odvodna struja određuje prema korištenom sustavu električnog razdjela [4]. Kod UZP-Tip 2 predviđenog za ugradnju u TN- odn. IT- sustave nazivna udarna odvodna struja po vodiču mora biti veća od 20 kA/m gdje je m broj vodiča (kod TN-sustava je  $m = 5$ , a kod IT-sustava je  $m = 4$ ). Kod UZP-Tip 2 predviđenog za ugradnju u TT-sustav nazivna udarna odvodna struja između sustav i neutralnog vodiča mora biti veća od 20 kA/m ( $m = 4$ ) odnosno veća od 20 kA između neutralnog vodiča i vodiča zaštitnog uzemljenja.
- Udarna struja manje  $I_{imp}$  je udarna struja oblika  $10/350$  s koju mora UZP-Tip 1 više puta odvesti u zemlju. Prema [4] ta se struja određuje s obzirom na korišteni sustav električnog razdjela. Kod UZP-Tip 1 predviđenog za ugradnju u TN- odn. IT-sustave udarna struja manje po vodiču mora biti veća od 100 kA/m gdje je m broj vodiča (kod TN-sustava je  $m = 5$ , a kod IT-sustava je  $m = 4$ ). Kod UZP-Tip 1 predviđenog za ugradnju u TT-sustav električnog razdjela udarna struja manje između faznog i neutralnog vodiča mora biti veća od 100 kA/m ( $m = 4$ ) odnosno veća od 100 kA između neutralnog vodiča i vodiča zaštitnog uzemljenja.

#### 3.1.3. Prorada UZP-a

Prorada UZP-a je definirana ili dostizanjem trenutne vrijednosti omske komponente struje kroz UZP iznosa 5 mA ili naponskim probojem i narastanjem struje kroz UZP na iznos od 5 mA.

- Napon prorade je definiran kao napon dostignut neposredno prije prorade UZP-a na koji je narinut udarni napon oblika  $1,2/50 \mu s$ .
- Vrijeme prorade je definirano kao vrijeme proteklo od trenutka pojave prenapona do trenutka prorade UZP-a. Ono je ovisno o komponentama ugrađenim u UZP, ali i o brzini narastanja prenapona, odnosno struje.
- Zaostali napon  $U_{res}$  je definiran kao napon na stezaljkama UZP-a kad kroz njega protječe nazivna udarna odvodna struja.
- Zaštitni nivo  $U_p$  je najveća trenutna vrijednost napona na stezaljkama UZP-a za vrijeme postojanja

prenapona. Zaštitni nivo karakterizira sposobnost UZP-a da ograniči prenapon na određeni iznos.

Kod UZP-Tip 1 i UZP-Tip 2 zaštitni nivo je određen kao veća vrijednost između iznosa napona prorade UZP-a i iznosa zaostalog napona UZP-a.

Kod UZP-Tip 3 zaštitni nivo je najveća vrijednost napona određena pomoću tzv. hibridnog generatora koji proizvodi udarni napon oblika  $1,2/50$  s i udarnu struju (nakon prorade UZP-a) oblika  $8/20$   $\mu$ s.

### 3.2. Ostale karakteristike UZP-a bitne za korištenje u električnim instalacijama

#### 3.2.1. Ponašanje UZP-a kod oštećenja

Ponašanje UZP-a kod njegovog otkazivanja mora biti takvo da ne dođe do ugroze rada električne instalacije. Najbolji UZP je takav koji pod normalnim pogonskim uvjetima ne utječe na pogonske karakteristike sustava u koji je ugrađen. Pod nenormalnim uvjetima (pojava prenapona) takav UZP reagira na prenapon tako da se njegova impedancija smanji, da UZP odvede udarnu struju u zemlju, a iznos prenapona se smanji na zaštitni nivo UZP-a. Nakon povrata normalnih pogonskih uvjeta impedancija takvog UZP-a se povećava na početnu vrijednost, a UZP i dalje nema utjecaja na pogonsko stanje. Kao i svaki uređaj tako i UZP može otkazati ili može biti razoren zbog opterećenja udarnom strujom većom od njegove maksimalne moguće udarne odvodne struje. Ponašanje oštećenog UZP-a može biti slično ponašanju u stanju praznog hoda ili ponašanju u stanju kratkog spoja.

U slučaju takvog oštećenja UZP-a da se ponaša kao da je ostao u praznom hodu, električna instalacija više nije zaštićena od prenapona. Je li UZP oštećen ili nije, prepoznavanje je u tom slučaju dosta teško, jer UZP ne utječe na električnu instalaciju. Za razliku od njega UZP koji je oštećen tako da se ponaša kao u stanju kratkog spoja ima jaki utjecaj na električnu instalaciju. Stvarno, impedancija nije iznosa jednakog nuli, već ona ima nekakvu ali vrlo malu vrijednost. Promatrani UZP može imati još dovoljnu impedanciju koja može ograničiti struju na takav iznos da uređaj za zaštitu od preopterećenja ili kratkog spoja (osigurač ili automatski prekidač) ne proradi ili može dovesti do prorade tog uređaja nakon vremena duljeg od onog koje je propisano. U tim slučajevima dolazi do stvaranja tolike toplinske energije u UZP-u da ona može dovesti do pojave požara. Da se to onemogućiti UZP mora imati u sebi ugrađen prikladni uređaj za odvajanje od mreže, a ako ga nema tada ga je potrebno predvidjeti i ugraditi u električnu instalaciju. UZP u koji je ugrađen varistor treba obvezno imati u sebi ugrađen uređaj za termičko odvajanje od električne mreže te uređaj koji pokazuje neispravnost UZP-a. Uređaj za termičko odvajanje od mreže reagira najčešće na toplinu razvijenu u preopterećenom varistoru te kod neke određene temperature odvoji UZP od mreže tako da ne može doći do zapaljenja.

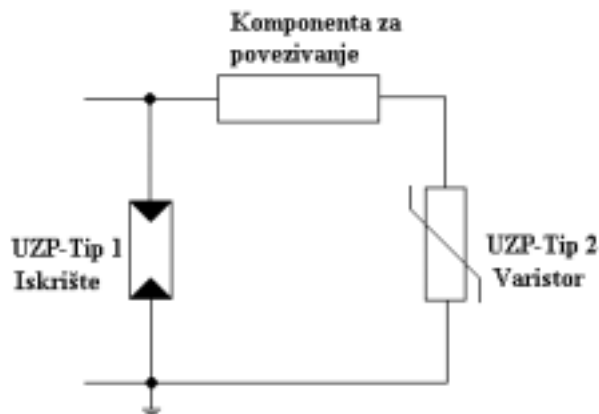
#### 3.2.2. Koordinacija između više UZP-a

Ako su dva ili više UZP-a ugrađena u električnu instalaciju između njih dolazi do međudjelovanja. Ako nisu ispravno izabrani (međusobno koordinirani) postoji opasnost da se jedan od njih preopteretiti. Osnovni zahtjev koordinacije se može sažeti u sljedećem: dva UZP-a koja su priključena na električnu mrežu su energetski koordinirana ako je za svaki promatrani iznos udarne struje i za svaki promatrani oblik udarne struje energetski dio koji se odvodi kroz UZP koji prvi proradi manji ili jednak maksimalnoj energetskoj sposobnosti odvođenja tog UZP-a. Usklađivanje između UZP-a Tipa 1, Tipa 2 i Tipa 3 treba provesti tako da prije dostizanja granične odvodne sposobnosti UZP-Tip 3 odvođenje energije prenapona preuzme UZP-Tip 2, a prije dostizanja granične odvodne sposobnosti UZP-Tip 2 odvođenje preuzima UZP-Tip 1.

S vremenom su se iskristalizirala dva osnovna principa za provedbu koordinacije između više UZP-a:

- koordinacija bez dodatnih komponenata za povezivanje UZP-a kod kojeg se kao komponente za povezivanje koriste vodovi električne instalacije,
- koordinacija primjenom dodatnih komponenata za povezivanje UZP-a u vidu zavojnice (uglavnom kod elektroenergetskih instalacija).

Provjera koordinacije između dva UZP-a prikazana je na primjeru iskrišta (UZP-Tip 1) i varistora (UZP-Tip 2), a shema njihove međusobne veze je dana u slici 1.



Slika 1. Shema spoja dva UZP-a za provjeru koordinacije

Potrebno je napomenuti da se vrijeme prorade iskrišta mjeri u mikrosekundama, dok se vrijeme prorade varistora mjeri u nanosekundama. U ovom slučaju koordinacija će biti postignuta ako dođe do prorade iskrišta prije nego što je došlo do preopterećenja varistora. Prije prorade iskrišta napon na priključcima iskrišta je:

$$U_1 = U_{res2}(i) + L^*(di/dt) \quad (1)$$

gdje je :

- $U_{res2}(i)$  zaostali napon na varistoru kod protjecanja struje  $i$ ,
- $L^*(di/dt)$  pad napona na komponenti za povezivanje dva UZP-a.



Čim napon na iskrištu  $U_I$  prekorači dinamički proradni napon iskrišta  $U_{din}$  koordinacija je osigurana jer su od tog trenutka oba UZP-a opterećena:

$$U_{res}(i) + L \cdot (di/dt) = U_{din} \quad (2)$$

Ovo se događa ili ne događa ovisno o karakteristikama varistora, dinamičkom proradnom naponu iskrišta, brzini porasta udarne struje, tjemenoj vrijednosti udarne struje te o impedanciji komponente za povezivanje.

Da bi se napravio izračun potrebnog induktiviteta  $L$  komponente za povezivanje iskrišta i varistora uzet će se da je:

- Varistor izrađen kao UZP-Tip 2 izvedbe V 20-C/1-385 prema [6] sa sljedećim podacima:
  - zaštitni nivo je manji ili jednak 1,5 kV kod udarne struje 5 kA, 8/20  $\mu$ s,
  - vrijeme prorade je manje od 25 ns,
  - nazivna udarna odvodna struja je 20 kA, 8/20 s,
  - maksimalna udarna odvodna struja je 40 kA, 8/20 s.
- Iskrište izrađeno kao UZP-Tip 1 izvedbe MC 50-B VDE prema [6] sa sljedećim podacima:
  - zaštitni nivo (koji je jednak dinamičkom naponu prorade) je manji ili jednak 2 kV kod udarne odvodne struje 50 kA, 10/350 s,
  - vrijeme prorade je manje od 100 ns,
  - udarna struja manje je 50 kA, 10/350 s.
- Brzina narastanja udarne struje tjemene vrijednosti 5 kA oblika 8/20 s je približno 0,5 kA/s.

Uz ove pretpostavke dobiva se da će doći do sigurne prorade iskrišta (t.j. neće doći do toga da ukupna struja teče samo kroz varistor što se prema [5] naziva »blind-spot«) ako je induktivitet komponente za povezivanje veći od 1H. Kod ovog primjera može se osigurati koordinacija djelovanja oba UZP-a i varistor će biti dobro dimenzioniran s obzirom na mogućnost disipacije snage. Traženi induktivitet se može dobiti ili koncentriranom impedancijom (izvedenom kao zavojnica) ili s dovoljno dugim instalacijskim vodom (za ovaj slučaj se može uzeti da je induktivitet voda 1  $\mu$ H/m).

U [5] je dano opće pravilo da će koordinacija kod UZP-Tip 1 izvedenog kao iskrište i UZP-Tip 2 izvedenog kao varistor biti postignuta ako vrijedi:

$$U_{din} < U_{res}(I_n) + L \cdot 0,1 \quad (3)$$

Kod toga treba uzeti  $U_{din}$  i  $U_{res}(I_n)$  u kV da bi se induktivitet  $L$  dobio u  $\mu$ H.

### 3.2.3. Koordinacija između UZP-a i ostalih zaštitnih uređaja u električnoj instalaciji

Na UZP se postavljaju specifični zahtjevi s obzirom na usklađivanje između UZP-a i uređaja za konvencionalnu zaštitu ugrađenu u električnu instalaciju (osigurači, automatski prekidači, zaštitna strujna sklopka itd.). Različiti zaštitni uređaji imaju svoje specifične funkcije u električnoj instalaciji, te funkcije su važne i potrebno ih je i nakon ugradnje UZP-a zadržati. Usklađivanje između UZP-a i ostalih uređaja za zaštitu u

električnim instalacijama razmatrat će se u sljedećoj točki, jer djelovanje pojedinih uređaja ovisi o korištenom sustavu električnog razdjela.

## 4. UGRADNJA UZP-a U ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Kod opremanja električne instalacije UZP-ima potrebno je voditi računa o korištenom sustavu električnog razdjela, jer je to jedan od odlučujućih parametara ispravne zaštite od prenapona. Opremanje električnih instalacija uređajima za zaštitu od prenapona u različitim sustavima električnih razdjela prikazano je u slikama od 2 do 5 prema [4].

Kako se UZP-Tip 1 ugrađuje u dio električne instalacije između priključka na zgradu i električnog brojila koje je pod nadzorom i odgovornošću elektrodistributivnog poduzeća to je potrebno uzeti u obzir da može postojati sukob interesa. S jedne strane elektrodistributivno poduzeće ima sasvim legitiman interes da se u to područje koje je pod njegovim nadzorom ugradi što manje električne opreme kako bi imalo što manje radova na održavanju iste. S druge strane interes je korisnika električne instalacije da se iz niskonaponske mreže u instalaciju ne prošire prenaponi iznosa takvih da mogu oštetiti opremu, uređaje i pogonska sredstva. Zato elektrodistributivna poduzeća moraju uvažiti zahtjev korisnika, ali istodobno postavljaju posebne zahtjeve kod projektiranja i ugradnje UZP-Tip 1.

Ispravna ugradnja UZP-a pretpostavlja, zatim, ispravnu izvedbu izjednačenja potencijala zbog udara munje. Pod pojmom »izjednačenje potencijala zbog udara munje« podrazumijeva se povezivanje gromobranske instalacije zgrade s metalnim dijelovima ostalih instalacija (plinske-, vodovodne-, instalacije grijanja, ...) i uzemljenih dijelova električne instalacije. Osnovna razlika između »glavnog izjednačenja potencijala« (koje se izvodi zbog potrebe za smanjenjem opasnog napona dodira u slučaju greške) i »izjednačenja potencijala zbog udara munje« se sastoji u tome što se ovo drugo izjednačenje potencijala izvodi zbog potrebe za kontroliranjem proboja, odnosno preskoka zbog pojave prenapona nastalog djelovanjem struje munje. Ispravnom primjenom izjednačenja potencijala zbog djelovanja munje osiguravaju se, kod pojave prenapona, kontrolirani preskoci u UZP Tip 1.

U okviru tog izjednačenja potencijala izvodi se povezivanje s munjovodom gromobranske instalacije:

- faznih vodiča električne instalacije preko UZP Tip1,
- metalnih dijelova instalacija zgrade i njihovo međusobno povezivanje,
- vodiča zaštitnog uzemljenja kod primjene zaštitnih mjera od opasnog napona dodira u TN-, TT- i IT-sustavima električnog razdjela,
- neutralnog vodiča u TT- i IT- sustavima električnog razdjela isključivo preko UZP Tip 1.

Gore navedena međusobna povezivanja izvode se preko stezaljke za izjednačenje potencijala.

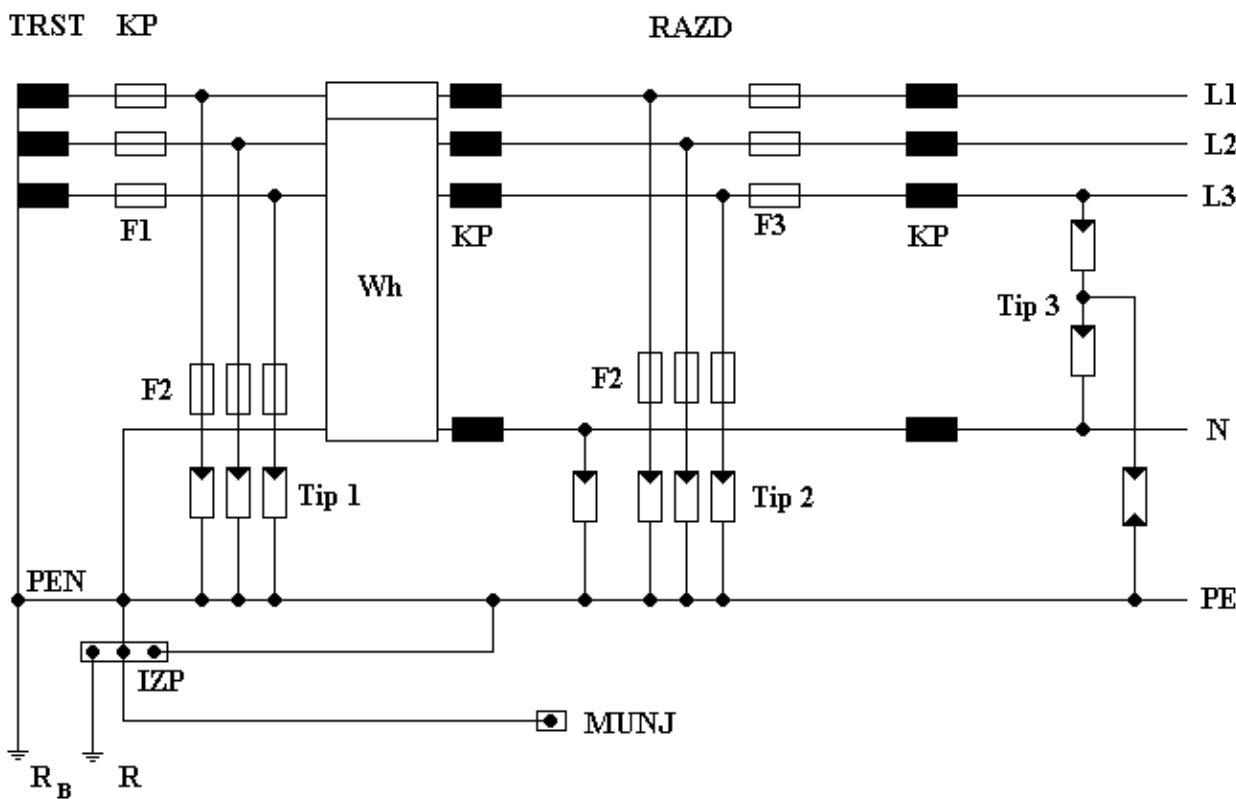
#### 4.1. TN-C-S sustav električnog razdjela

TN-C-S sustav električnog razdjela je karakteriziran time da je napajanje u jednoj točki direktno spojeno sa zemljom, a kućišta opreme spojena su s ovom točkom pomoću neutralnog vodiča sa zaštitnom funkcijom (PEN-vodiča). Neutralna i zaštitna funkcija su objedinjene u jednom vodiču samo u jednom dijelu sustava, dok su u ostalom dijelu odvojene.

Ugradnja UZP-a u TN-C-S sustav prikazana je u slici 2. UZP-i se na električnu instalaciju spajaju paralelno, a izjednačenje potencijala zbog udara munje se koristi kao sredstvo za odvođenje energije prenapona u zemlju.

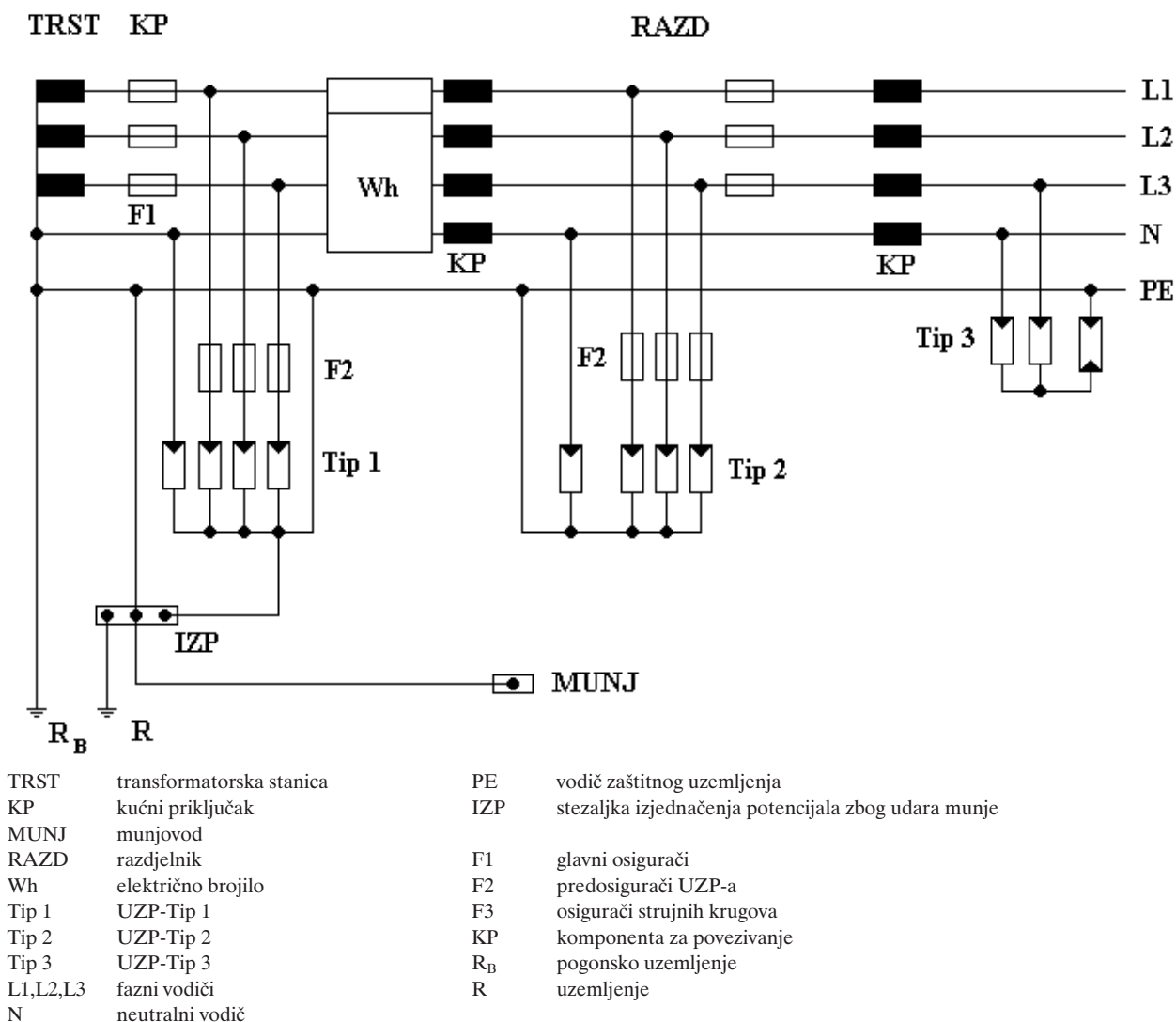
Elektrodistributivno poduzeće postavlja zahtjeve kojima se osigurava nesmetan rad električne instalacije. Prvi zahtjev je ispravan odabir predosigurača UZP-a. Taj zahtjev slijedi zbog načina rada UZP-Tip1, koji ograničava iznos prenapona na taj način da kod njegovog nailaska kratkotrajno izjednači napone između svih aktivnih vodiča i zemlje. Time se, ustvari,

uspostavlja kratki spoj sa zemljom. Većina UZP-Tip 1 izvedena je s iskrištima, a kod njih postoji mogućnost da slijedna struja (koja je jednaka iznosu struje trolnog kratkog spoja i koja ovisi o parametrima mreže) neće biti prekinuta. Proizvođači UZP-Tip 1 daju za svoje proizvode iznose slijednih struja koje oni sigurno prekidaju [6] i to može biti orijentir kod odabira UZP Tip 1. Ako je očekivana struja trolnog kratkog spoja veća od te vrijednosti tada se obvezno mora između faznog vodiča i ulazne stezaljke UZP-a ugraditi predosigurač. Kod njegovog izbora potrebno je paziti na veličinu njegove nazivne struje. Izabere li se predosigurač premale nazivne struje tada postoji mogućnost da on prerano proradi, a time će funkcija UZP-a biti slabo iskorištena. Izabere li se, naprotiv, predosigurač prevelike nazivne struje tada može doći do preopterećenja UZP-a i njegovog razaranja. Sljedeće na što treba paziti je selektivnost predosigurača s obzirom na osigurač glavnog napajanja. Ne smije se dozvoliti da prije proradi osigurač glavnog napajanja od predosigurača



TRST	transformatorska stanica	PE	vodič zaštitnog uzemljenja
KP	kućni priključak	PEN	N vodič sa zaštitnom funkcijom
RAZD	razdjelnik	IZP	stezaljka izjednačenja potencijala zbog udara munje
MUNJ	munjovod		
Wh	električno brojilo	F1	glavni osigurači
Tip 1	UZP-Tip 1	F2	predosigurači UZP-a
Tip 2	UZP-Tip 2	F3	osigurači strujnih krugova
Tip 3	UZP-Tip 3	KP	komponenta za povezivanje
L1,L2,L3	fazni vodiči	R <sub>B</sub>	pogonsko uzemljenje
N	neutralni vodič	R	uzemljenje munjovoda

Slika 2. Ugradnja UZP-a u TN-S-C sustav električnog razdjela



Slika 3. Ugradnja UZP-a u TN-S sustav električnog razdjela

UZP-a, jer bi se time cjelokupna električna instalacija odspojila s mreže.

Drugi zahtjev koji se postavlja od strane elektrodistributivnog poduzeća je da duljina vodova između UZP-Tip 1 i faznih vodiča te između UZP-Tip 1 i stezaljke za izjednačenje potencijala zbog udara munje nije veća od 0,5 metara [4]. Ako se to ne uzme u obzir može doći do induciranja visokog napona u tim vodovima (iznosa od nekoliko kV) i njegovog prijenosa u električnu instalaciju.

U području razdjelnika se, također, UZP-Tip 2 paralelno priključuje na fazne vodiče preko što je moguće kraćih vodova. Izlazne stezaljke UZP-a se direktno spajaju na vodič zaštitnog uzemljenja (PE). Za predosigurače, ako su potrebni, vrijedi sve ono što je rečeno kod ugradnje UZP-Tip 1. U faznim vodičima i neutralnom vodiču između mjesta ugradnje UZP-Tip 1 i mjesta ugradnje UZP-Tip 2 potrebno je osigurati komponentu za povezivanje (ili pomoću određene duljine vodova ili pomoću koncentrirane impedancije).

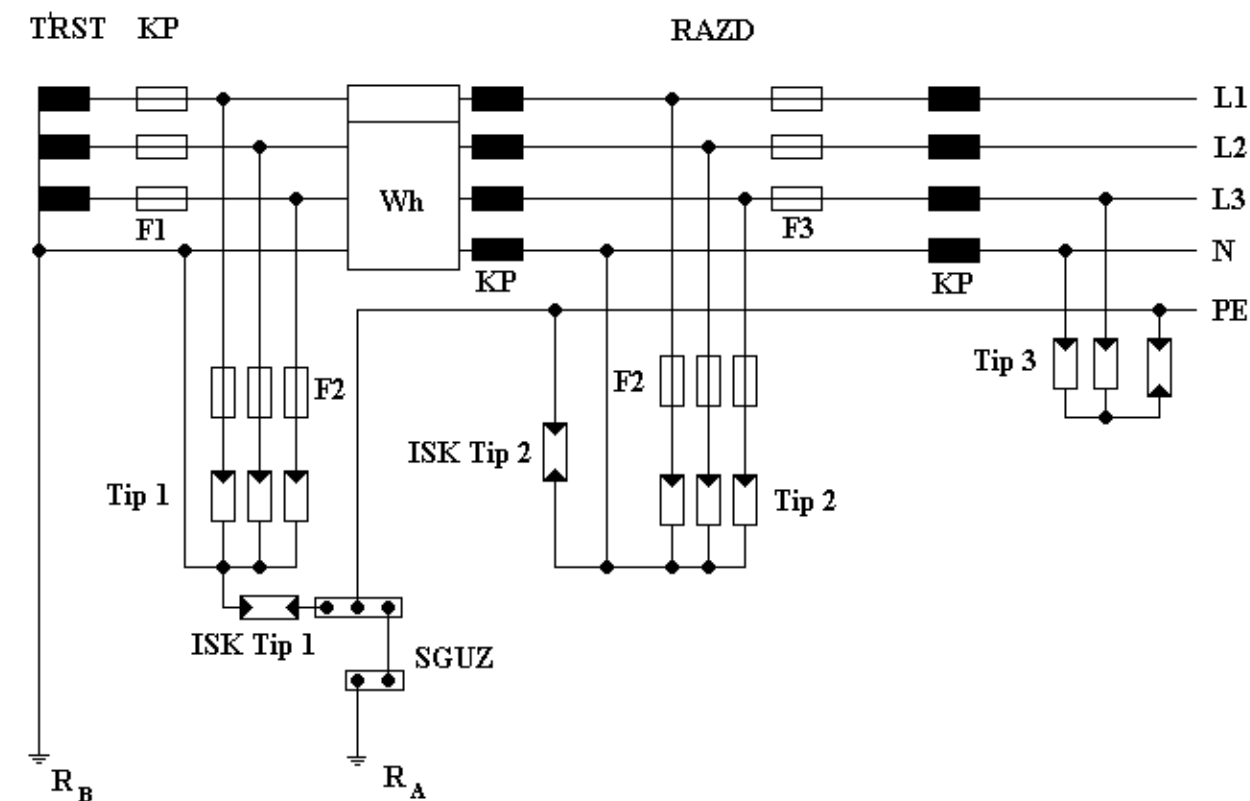
Ugradnjom UZP-Tip 3 postiže se treći, najosjetljiviji, dio zaštite od prenapona. Kako su u tom području najčešći i s obzirom na prenapon najosjetljiviji električni uređaji izvedeni jednofazno to se i UZP-Tip 3 najčešće izvodi tako da se ograničavaju prenaponi između faznog i zaštitnog vodiča, odnosno između neutralnog vodiča i zaštitnog vodiča. U svim slučajevima potrebno je paziti na to da se između električki aktivnog vodiča ( ovdje su to fazni L i neutralni N vodiči ) i zaštitnog vodiča (PE) ugradi iskrište. Time se osigurava to da neće doći do nedozvoljenog povezivanja između neutralnog i zaštitnog vodiča. Između UZP Tip 2 i UZP Tip 3 potrebno je osigurati komponentu za povezivanje zbog istih razloga kao što je prije spomenuto.

#### 4.2. TN-S sustav električnog razdjela

TN-S sustav električnog razdjela ima napajanje u jednoj točki direktno spojeno sa zemljom, a kućišta opreme spojena su s ovom točkom pomoću zaštitnih

vodiča. Neutralni i zaštitni vodič su razdvojeni kroz cijeli sustav. U slici 3 prikazana je ugradnja UZP-a u taj sustav električnog razdjela. U njemu se na glavni priključak zgrade dovode odvojeno neutralni i zaštitni vodič. U odnosu na ugradnju UZP-a Tip 1 i Tip 2 kod sustava električnog razdjela TN-C-S ovdje je potrebno još predvidjeti ugradnju UZP-a između neutralnog vodiča i zaštitnog vodiča (ali bez predosigurača) da bi se odvela energija prenapona koji se može širiti neutralnim vodičem. Za predosigurače UZP-a priključenih na faze vodiče te za duljinu vodova vrijedi sve ono što je rečeno kod ugradnje UZP-a u sustav TN-C-S. UZP-Tip 3 je izveden na isti način kao i kod TN-C-S sustava. Želi li se koristiti zaštitna strujna sklopka za zaštitu od opasnog napona dodira tada treba obratiti posebnu pozornost na nekoliko detalja. Zaštitna strujna sklopka normalne izvedbe se projektira i ispituje tako da mora podnijeti ispitivanje udarnom strujom tjemene vrijednosti 250 A oblika 8/20 is. Visoke udarne struje veće od te vrijednosti mogu dovesti do za-

varivanja kontakata sklopke čime ona prestaje obavljati svoju funkciju zaštite. Zato se te sklopke ugrađuju u razdjelnik iza UZP-Tip 2 koji energetski jaku udarnu struju odvede u zemlju. Dio energetski jakog prenapona može, ipak, prijeći iza UZP-Tip 2 te je dobro da se ugradi zaštitna strujna sklopka posebno otporna na udarne struje; npr. kao u 8 zaštitna strujna sklopka koja izdrži tjemenu vrijednost udarne struje 3 kA oblika 8/20  $\mu$ s. Želi li se iza zaštitne strujne sklopke ugraditi UZP-Tip 3 može se očekivati nepotrebna (lažna) prorada zaštitne strujne sklopke, jer kratkotrajna udarna struja prenapona odvedena preko UZP-a prema zemlji može biti prepoznata kod sklopke kao struja greške. U tom slučaju potrebno je ponovno uklopiti sklopku što je, ipak, bolje od mogućeg uništenja električnog uređaja zbog prenapona. Neki proizvođači [8] zaštitnih strujnih sklopki imaju u svojem prodajnom programu posebne izvedbe sklopki s vremenskom odgodom prorade. Dok je kod normalne izvedbe sklopke prosječno vrijeme prorade 25



TRST	transformatorska stanica	PE	vodič zaštitnog uzemljenja
KP	kućni priključak	N	neutralni vodič
RAZD	razdjelnik	KP	komponenta za povezivanje
Wh	električno brojilo	SGUZ	stezaljka glavnog uzemljenja
Tip 1	UZP-Tip 1	F1	glavni osigurači
Tip 2	UZP-Tip 2	F2	predosigurači UZP-a
Tip 3	UZP-Tip 3	F3	osigurači strujnih krugova
ISK Tip 1	iskrište Tip 1	RB	pogonsko uzemljenje
ISK Tip 2	iskrište Tip 2	RA	uzemljenje el. instalacije
L1,L2,L3	fazni vodiči		

Slika 4. Ugradnja UZP-a u TT sustav električnog razdjela



ms (kod struje greške jednake nazivnoj) kod posebne izvedbe sklopke je vrijeme prorade 130 ms. Time se dobiva mogućnost da prenaponski udar koji je prijelaznog karaktera ne stigne biti prepoznat u zaštitnoj strujnoj sklopki kao struja greške.

#### 4.3. TT sustav električnog razdjela

TT sustav električnog razdjela karakteriziran je time da ima napajanje u jednoj točki direktno spojeno sa zemljom, a kućišta opreme su spojena sa zemljom preko posebnog uzemljenja. Ugradnja UZP-a u taj sustav prikazana je na slici 4.

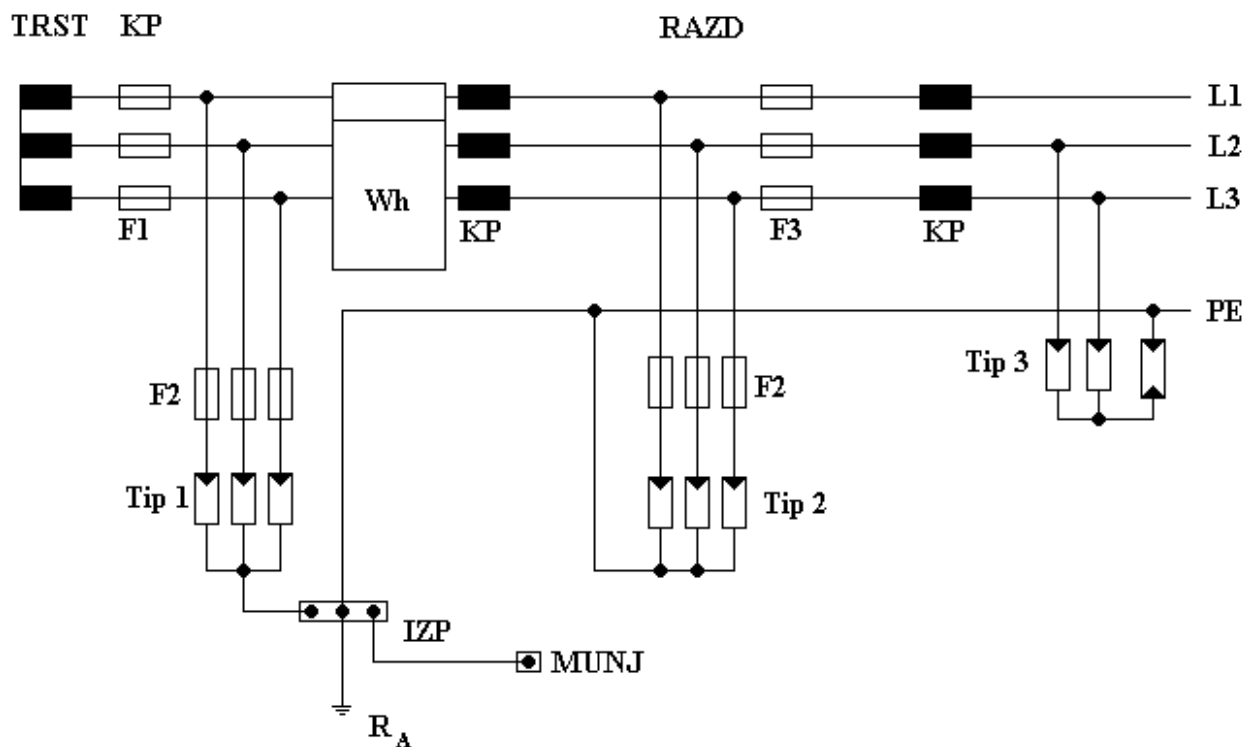
UZP-i nisu kao kod TN-C-S ili kao kod TN-S sustava električnog razdjela ugrađeni između faznih vodiča i zemlje, već između faznih vodiča i neutralnog vodiča. Zašto? U rasporedu u kojem je UZP priključen između faznog vodiča i zaštitnog vodiča postoji mogućnost da na kraju trajnosti UZP nije sposoban prekinuti slijednu struju te bi se u tom slučaju uspostavio kratki spoj između faznog vodiča i zaštitnog vodiča. Tada bi tekla struja greške preko otpora uzemljenja  $R_A$  u sustavu električnog razdjela natrag prema uzemljenom

zvjezdištu transformatora preko  $R_B$ . Zbog relativno velikog otpora petlje ne bi došlo pravodobno do prorade osigurača. To bi moglo dovesti do povišenja potencijala zaštitnog vodiča te time do pojave opasnih napona dodira. Ugradi li se UZP između neutralnog vodiča i zaštitnog vodiča tada se petlja zatvara preko neutralnog vodiča, otpor petlje je u tom slučaju pod nadzorom te se struja greške može trenutačno prekinuti. Kako između neutralnog vodiča i zaštitnog vodiča ne postoji opasnost pojave slijedne struje to se taj UZP može izvesti u obliku iskrišta. Takav spoj UZP-a Tip 1 i iskrišta Tip 1 naziva se »3+1« spoj. Isto takav spoj se izvede i u razdjelniku kod ugradnje UZP-Tip 2. Za zaštitu osjetljivih električnih uređaja koriste se isti UZP-Tip 3. Za dužinu vodova i dimenzioniranje nazivne struje osigurača vrijedi sve ono što je već prije rečeno.

Postoji li na objektu izvedena zaštita od udara munje tada se na stezaljku glavnog uzemljenja spoji i munjovod.

#### 4.4. IT sustav električnog razdjela

IT sustav električnog razdjela nema napajanje spojeno sa zemljom (ili je ono spojeno preko velike impedan-



TRST	transformatorska stanica	PE	vodič zaštitnog uzemljenja
KP	kućni priključak	KP	komponenta za povezivanje
RAZD	razdjelnik	$R_A$	uzemljenje el. instalacije
Wh	električno brojilo	IZP	stezaljka izjednačenja potencijala zbog udara munje
MUNJ	munjovod	F1	glavni osigurači
Tip 1	UZP-Tip 1	F2	predosigurači UZP-a
Tip 2	UZP-Tip 2	F3	osigurači strujnih krugova
Tip 3	UZP-Tip 3		
L1,L2,L3	fazni vodiči		

Slika 5. Ugradnja UZP-a u IT sustav električnog razdjela

cije), a kućišta opreme su uzemljena. Ugradnja UZP-a u taj sustav prikazana je u slici 5. UZP-Tip 1 se priključi između faznih vodiča i sustava za izjednačenje potencijala. Za duljinu vodova i nazivne struje osigurača vrijedi sve ono što je rečeno prije. Slično se ugrađuju i UZP-Tip 2. Za osjetljive električne uređaje mogu se koristiti isti UZP-Tip 3 kao i prije.

## 5. ZAKLJUČAK

Izbor odgovarajuće zaštite od prenapona u električnim instalacijama treba provesti prema odgovarajućim načelima uvažavajući:

- da je mjesto ugradnje UZP-Tip 1 u električnu instalaciju 1 pod nadzorom elektrodistributivnog poduzeća te se ugradnja može izvesti samo uz suglasnost tog poduzeća,
- da je iz zahtjeva na sigurnost od opasnog napona dodira potrebno naročito pažljivo izvesti izjednačenje potencijala te to povezati sa zaštitom od direktnog udara munje i u skladu s tim izvesti ugradnju UZP-a,
- da je ugradnju UZP-a potrebno provesti prema korištenom sustavu električnog razdjela u određenoj električnoj instalaciji,
- da projektirani napon UZP-a mora biti usklađen s najvećim dopuštenim pogonskim naponom mreže,
- da sposobnost odvođenja energije udarne struje UZP-a mora biti usklađena s iznosom vjerojatnih energija udarnih napona na mjestu postavljanja UZP-a u električnoj instalaciji,
- da zaštitni nivo UZP-a mora biti usklađen s otpornošću na udarna opterećenja električnih uređaja i električne opreme ugrađene u instalaciju,
- da treba promotriti posljedice na električne uređaje i električnu opremu rijetkih slučajeva opterećenja s prenaponima većim od onih koji nisu predviđeni ugrađenom zaštitom od prenapona,
- da treba osigurati da ni kod normalnih ni kod ne-normalnih pogonskih uvjeta električne instalacije nema nepoželjnih popratnih pojava zbog ugradnje UZP-a,
- da treba uskladiti ponašanje UZP-a kod udarnih struja s potrebnim ponašanjem uređaja za zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja (osigurača, automatskih prekidača) i zaštitnih strujnih sklopki,
- da treba uskladiti međusobno ponašanje ugrađenih UZP-a u električnu instalaciju (tzv. koordinacija UZP-a).

Tek na taj način projektirana i izvedena električna instalacija bit će svrshishodno zaštićena od prenapona, a ugrađeni uređaji za zaštitu od prenapona povećat će raspoloživost električnih uređaja i ugrađene električne opreme.

## LITERATURA

- [1] Mr. I. MATEKOVIĆ, dipl. ing.: "Procjena rizika od prenapona u električnim instalacijama", Energija br. /2003.
- [2] DIN VDE 0100-443/2002-01: Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 4: Schutzmaßnahmen – Kapitel 44 : Schutz bei Überspannungen – Hauptabschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen
- [3] DIN EN 61643-11/2002-12: Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen
- [4] DIN VDE V 0100-534/1999-04: Elektrische Anlagen von Gebäuden Teil 534: Aushwahl und Errichtung von Betriebsmitteln Überspannungs-Schutzeinrichtungen
- [5] E Beiblatt1 zu DIN VDE 0100-534/07.1999: Elektrische Anlagen von Gebäuden, Allgemeine Grundinformationen zu Überspannungen und Schutz bei Überspannungen in Niederspannungs-Starkstromanlagen mit Wechselspannungen
- [6] Katalog firme OBO Betermann: Überspannungsschutz-Systeme, Menden 2002.
- [7] E DIN VDE 0675 Teil 6/1989-11, A1/1996-03, A2/1996-10: Überspannungsableiter zur Verwendung in Wechselstrom-netzen mit Nennspannungen zwischen 100 V und 1000 V
- [8] Katalog firme Schupa: Hauptkatalog 2000., Schalksmühle

## APPLICATION OF OVERVOLTAGE PROTECTION EQUIPMENT IN ELECTRICAL INSTALLATIONS

Electrical equipment and appliances are divided into four groups considering impulse voltage. For all of these overvoltage categories a tolerable impulse voltage is given (as front shape value of  $1,2/50\mu s$ ), which the equipment or appliance has to overcome. If overvoltage risk is estimated to be greater than the costs of building the equipment into electrical installations, then protection design is done. Overvoltage design has to take into account some facts such as used system of electrical distribution, protection equipment characteristics, needs for not decreasing efficiency of short voltage and overload protection, as well as of current circuit breaker and demands of electric distribution company. Good design and realization of overvoltage protection increases the availability of electrical installations.

## ANWENDUNG DER ÜBERSpannungSSCHUTZGERÄTE IN ELEKTRISCHEN ANLAGEN

Bezüglich der Stoßspannungen sind elektrische Ausrüstung und Einrichtungen in vier Bewertungsstufen eingeordnet. Jede dieser Bewertungsstufen ist durch jene Stehspannung (als Scheitelspannung der Form  $1,2/50$  is) bestimmt, welcher die Einrichtung standhalten muss. Man schreitet zum Entwerfen eines Überspannungsschutzes zu, sollte beurteilt werden, daß das Überspannungsrisiko größer ist als Einbaukosten einer entsprechenden Schutzeinrichtung. Den Überspannungsschutz einer Stromversorgung soll man entwerfen unter Beachtung einiger

Gegebenheiten z.B. des Stromverteilungssystems, der Eigenschaften der Überspannungsschutzeinrichtung, der Verlangen nach dem unbeanträchtigten Kurzschluß- und Überlastungsschutz, sowie nach den Stromschutzschaltern, als auch den Verlangen der Stromversorgungsunternehmen. Sachgemäß entworfener und durchgeführter Überspannungsschutz vergrößert die Verfügbarkeit einer Elektroinstalation.

Naslov pisca:

**Mr. sc. Ivan Mateković, dipl. ing.  
Elektrokontakt d.d.  
Radnička cesta b.b.  
10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2003 – 04 – 05.