

# EFEKTI PROMJENE PARAMETARA NADZEMNIH DISTRIBUTIVNIH VODOVA NA VISINU PRENAPONA NASTALIH ATMOSFERSKIM PRAŽNENJEM

*Sreten Škuletić, Sanja Budalić<sup>1</sup>*

## **SAŽETAK:**

U radu je prikazana analiza efekata promjena parametara nadzemnih distributivnih vodova na visinu prenapona nastalih atmosferskim pražnjenjem. Analiza je izvršena pomoću programa uradenog u MATLAB-u, koji pored lakog i brzog proračuna traženih pokazatelja omogućava i jednostavnu grafičku prezentaciju posmatranih zavisnosti i uticaja. Program omogućava posmatranje vodova sa ili bez zaštitnog užeta, kao i promjene visine užadi, impedanse zaštitnog užeta, otpora uzemljenja stuba, i sl. Takođe je relativno lako vršiti potrebne analize sa promjenom vrijednosti trajanja čela strujnog talasa, kao i dobiti zavisnost vjerovatnoće prodora atmosferskog pražnjenja mimo zaštitnog užeta od zaštitnog ugla i visine zaštitnog užeta. Za različite promjene parametara atmosferskih pražnjenja i konstruktivnih parametara vazdušnih vodova analizirane su dobijene vrijednosti prenapona kao i mogućnosti uticaja na njih u cilju smanjenja vjerovatnoće ugroženosti izolacije vodova.

## **1. UVODNE NAPOMENE**

Ispunjavajući svoje veoma značajne i kompleksne funkcije, elektroenergetski sistemi, a samim tim i elektrodistributivni sistem i njihovi elementi, izloženi su u toku eksploatacije dejstvima velikog broja uticaja, koji direktno ili indirektno, u većoj ili manjoj mjeri, utiču na pouzdanost i kvalitet napajanja potrošača električnom energijom.

Jedan od veoma važnih pokazatelja kvaliteta električne energije je neprekidnost napajanja potrošača. Za kvalitetno ispunjavanje zahtjeva koji se pred elektrodistributivnim sistemom postavljaju preduzimaju se različite mjere i aktivnosti koje mogu da utiču na broj prolaznih kvarova na elektrodistributivnom sistemu, kao i da smanje njihov broj.

Veoma čest razlog nastajanja prolaznih kvarova na elektroenergetskim vodovima, pored mehaničkih uzroka, je pojava prenapona izazvanih atmosferskim pražnjenjima.

---

<sup>1</sup>Prof. dr Sreten Škuletić, Sanja Budalić, dipl.el.ing. su sa Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici.

Prenapon se naziva svako povećanje napona iznad najvišeg napona opreme koje izlazi iz domena normalnog pogona. Prenapon po definiciji predstavlja napon između faznog provodnika i zemlje ili između faza, čija tjemena vrijednost prelazi odgovarajuću tjemenu vrijednost najvišeg napona opreme. Prema uzroku nastajanja prenaponi se mogu podijeliti na dva osnovna tipa:

- spoljašnji ili atmosferski prenaponi, i
- unutrašnji prenaponi.

Spoljašnji ili atmosferski prenaponi nastaju usljed atmosferskih pražnjenja u elemente elektroenergetskih objekata ili u njihovu blizinu.

Pod atmosferskim pražnjenjem se podrazumijeva pojava iskričavog pražnjenja u prostoru između naelektrisanog oblaka i zemlje. Atmosferska pražnjenja su dugo proučavane pojave, koje su objašnjavane raznim, često suprotnim teorijama. Tek sredinom XVIII vijeka [1] teorije su se približile današnjim. Bendžamin Franklin je vršio mnogobrojne eksperimente i utvrdio da je atmosfersko pražnjenje statički elektricitet i da je manifestacija električnih procesa u atmosferi.

Podstrek da se dopuni oskudno znanje o atmosferskim pražnjenjima i prenaponima koje oni mogu da stvore proistekao je iz potrebe da se zaštite uređaji i postrojenja od njihovog dejstva. Uočljiva je težnja za poznavanjem učestanosti kvarova u elektroenergetskom sistemu (nastalih kao posljedica atmosferskog pražnjenja) koji se u našim krajevima kreću i do 40% ukupnog broja isključena na postrojenjima prenosa [1]. Nadzemni vodovi imaju veliku dužinu i zato su češće od ostalih elemenata izloženi atmosferskim pražnjenjima. Prenaponi, koji se tom prilikom obrazuju na nadzemnom vodu, ne samo da djeluju na njegovu izolaciju, već se i u vidu putujućih talasa prostiru po vodu do postrojenja i najčešći su uzroci oštećenja izolacije u samom postrojenju.

Pri direktnim atmosferskim pražnjenjima u elemente elektroenergetskog sistema pojavljuju se vrlo velike struje koje izazivaju visoke napone na objektima, i od kojih se mora zaštititi oprema u postrojenjima.

Pri atmosferskim pražnjenjima u blizini elektroenergetskog objekta dolazi do pojave indukovanja prenapona. Ovi prenaponi mogu biti opasni, naročito u mrežama srednjih i niskih napona.

Za pouzdanu procjenu ugroženosti objekata od atmosferskog pražnjenja neophodno je dobro poznavanje određenih električnih i meteroloških parametara grmljavinskih aktivnosti.

Osnovni električni parametri atmosferskog pražnjenja su [2]: amplituda struje groma; oblik struje groma; strmina strujnog talasa; udarna količina elektriciteta; količina elektriciteta prvog udara; ukupna količina elektriciteta kompletnog pražnjenja; toplotni impuls kompletnog pražnjenja i broj pojedinih udara u jednom kompletnom pražnjenju. Struja atmosferskog pražnjenja se može mjeriti, zbog čega je ona pogodna veličina za korišćenje kao karakteristika atmosferskog pražnjenja, za razliku od napona koji se teško mjeri, i najčešće se samo procjenjuje.

Atmosferska pražnjenja svojim dejstvom mogu da izazovu prekid prenosa električne energije. Ova pojava je naročito izražena kod vodova nižih nazivnih napona. Način dejstva atmosferskog pražnjenja na izolaciju nadzemnog voda zavisi u mnogome od njegove konstrukcije. Nadzemni vodovi se sa stanovišta ponašanja pri atmosferskim pražnjenjima mogu razvrstati u tri osnovne grupe [2]:

- vodovi na čelično-rešetkastim ili armirano-betonskim stubovima bez zaštitnog užeta,
- vodovi na čelično-rešetkastim ili armirano-betonskim stubovima sa zaštitnim užetom,
- vodovi na drvenim stubovima bez zaštitnog užeta (kod nas se na drvenim stubovima rade vodovi niskog, a znatno rjeđe srednjeg napona).

Kod vodova na čelično-rešetkastim ili armirano-betonskim stubovima bez zaštitnog užeta atmosfersko pražnjenje može da ugrozi izolaciju na tri načina:

- direktno pražnjenje u fazni provodnik,
- pražnjenje u vrh stuba koje izaziva preskok preko izolacije ka faznom provodniku (povratni preskok),
- pražnjenje u okolinu voda koje izaziva indukovane prenapone na faznim provodnicima.

Kod vodova na drvenim stubovima bez zaštitnog užeta atmosfersko pražnjenje može da ugrozi izolaciju na dva načina:

- direktnim pražnjenjem u fazni provodnik,
- pražnjenje u okolinu voda koje izaziva indukovane prenapone na faznim provodnicima.

Kod vodova sa zaštitnim užadima se mogu razlikovati tri slučaja:

- pražnjenje u zaštitno uže ili u vrh stuba, koje izaziva preskok preko izolacije ka faznom provodniku (povratni preskok),
- pražnjenje mimo zaštitnog užeta u fazni provodnik,
- pražnjenje u okolinu voda koje izaziva indukovane prenapone na faznim provodnicima.

U ovom radu su razmatrani efekti promjena pojedinih parametara nadzemnih distributivnih vodova na visinu prenapona koji nastaju usljed direktnog atmosferskog pražnjenja u posmatrane vodove. Na osnovu matematičkog modela koji opisuje pojave nastale na elektroenergetskim vodovima, kada je na njima došlo do pojave prenapona čiji je uzrok atmosfersko pražnjenje, urađen je program za proračun različitih efekata i uticaja koji se tom prilikom javljaju. Program urađen u MATLAB-u omogućava veoma jednostavno komuniciranje sa korisnikom (interaktivno), pri čemu je vrlo lako i brzo moguće izračunati vrijednosti nastalih prenapona i dobiti njihovu grafičku zavisnost od različitih parametara voda definisanih njegovom konstrukcijom.

Program omogućava posmatranje vodova sa ili bez zaštitnog užeta, kao i promjene visine užadi, impedanse zaštitnog užeta, otpora uzemljenja stuba, i sl. Takođe je relativno lako vršiti potrebne analize sa promjenom vrijednosti trajanja čela strujnog talasa, kao i dobiti zavisnost vjerovatnoće prodora atmosferskog pražnjenja mimo zaštitnog užeta od zaštitnog ugla i visine zaštitnog užeta.

Kako intezitet i način manifestovanja različitih uticaja, po pravilu, zavise od konkretnih uslova i okolnosti, analiza efekata promjene različitih parametara urađena je na više konkretnih slučajeva koji se najčešće srijeću u praksi. Ovo omogućava dobijanje zaključaka o potrebnim i mogućim poboljšanjima sistema, kao i o efektima ovih poboljšanja.

## 2. MATEMATIČKI MODEL

### 2.1. VOD BEZ ZAŠTITNOG UŽETA

Pražnjenje u fazni provodnik nastupa vrlo često kod vodova bez zaštitnih užadi, dok je kod vodova sa zaštitnim užadima ova pojava znatno rjeđa. Ukoliko dođe do pražnjenja u fazni provodnik, izazvani prenaponski talas prostire se na obje strane od mjesta pražnjenja duž faznog provodnika. Kada prenaponski talas dođe do stuba, tada može, ukoliko je amplituda prenaponskog talasa veća od vrijednosti preskočnog napona izolacije na stubu, da se javi preskok između faznog provodnika i konzole stuba. Prenaponski talas koji nastaje na faznim provodnicima ima amplitudu [1]:

$$U_{p1} = Z_c \cdot \frac{I_m}{4}, \quad (1)$$

gdje su:

$U_{p1}$  – prenapon koji napreže faznu izolaciju voda pri atmosferskom pražnjenju u fazni provodnik [kV],

$Z_c$  – karakteristična impedansa faznog provodnika [ $\Omega$ ],

$I_m$  – amplituda struje atmosferskog pražnjenja [kA].

Pri atmosferskom pražnjenju u jedan fazni provodnik na susjednim faznim provodnicima se pojavljuju indukovani prenaponi. Napon koji pri tome napreže međufaznu izolaciju, pri zanemarenoj trenutnoj vrijednosti radnog napona i uz zanemarenje prigušenja i izobličenja talasa, je [1]:

$$U_{p2} = Z_c \cdot \frac{I_m}{4} \cdot (1 - k_m), \quad (2)$$

gdje su :

$U_{p2}$  – prenapon koji napreže međufaznu izolaciju voda pri atmosferskom pražnjenju u fazni provodnik [kV],

$k_m$  – koeficijent sprege između faznih provodnika.

Ukoliko je međufazni napon  $U_{p2}$  viši od podnosivog udarnog međufaznog napona, dolazi do preskoka između faznih provodnika, koji predstavlja međufazni kratak spoj.

Pri direktnom udaru atmosferskog pražnjenja u stub na vodu bez zaštitnih užadi, ukupna vrijednost napona koji djeluje na izolaciju voda je [3]:

$$U_{p3} = R_{uz} \cdot I_m + L_{st} \cdot \frac{I_m}{T_c} + L_p \cdot \frac{I_m}{T_c}, \quad (3)$$

gdje su :

$U_{p3}$  – prenapon koji djeluje na izolaciju voda pri atmosferskom pražnjenju u stub [kV],

$R_{uz}$  – otpor uzemljenja stuba [ $\Omega$ ],

$L_{st}$  – podužna vrijednost skoncentrisane induktivnosti kojom se stub zamjenjuje u proračunima [ $\mu\text{H}/\text{m}$ ],

$T_c$  – vrijeme trajanja linearno rastućeg čela strujnog talasa [ $\mu\text{s}$ ],

$L_p$  – koeficijent koji je brojno jednak u [ $\mu\text{H}$ ] srednjoj visini vješanja provodnika u [m].

Ako je vrijednost ovog napona viša od izolacije voda prema zemlji nastaje preskok sa uzemljenog stuba na fazni provodnik. Ovakav preskok se naziva povratnim preskokom.

## 2.2. VOD SA ZAŠTITNIM UŽETOM

Ako je iznad faznih provodnika, u cilju njihove zaštite od direktnih atmosferskih pražnjenja, postavljeno jedno ili više zaštitnih užadi, direktno atmosfersko pražnjenje može nastati u zaštitno uže negdje u rasponu ili u stub, a pri određenim uslovima i u fazni provodnik. Približno se može reći da u oko 60% slučajeva direktan udar atmosferskog pražnjenja nastaje u stub, a u oko 40% slučajeva u zaštitno uže na rasponu [3].

U slučaju udara atmosferskog pražnjenja u vrh stuba ili u zaštitno uže, pri velikoj otpornosti uzemljenja stuba i velikoj amplitudi i strmini struje atmosferskog pražnjenja, može se dogoditi da potencijal konzole stuba u odnosu na fazni provodnik poraste iznad podnosivog udarnog napona izolacije. Tada dolazi do preskoka sa konzole stuba na fazni provodnik, što se naziva povratnim preskokom.

Amplituda napona na konzoli stuba pogođenog atmosferskim pražnjenjem, u odnosu na udaljenu zemlju kao referentnu tačku, koji napreže izolaciju voda može se približno izračunati po relaciji [4]:

$$U_{p4} = (R_{uz} \cdot I_{st} + L_{st} \cdot \frac{I_s}{T_c} + L_p \cdot \frac{I_m}{T_c}) \cdot (1 - k_{1z}), \quad (4)$$

gdje su :

$U_p$  – prenapon koji djeluje na izolaciju voda pri atmosferskom pražnjenju u stub [kV],

$I_s$  – amplituda struje kroz stub [kA],

$k_{1z}$  – koeficijent sprege između faznog provodnika i zaštitnog užeta.

Ako dođe do direktnog atmosferskog pražnjenja u zaštitno uže u rasponu između stubova prenapon koji napreže izolaciju voda može se računati po relaciji [3]:

$$U_{p5} = Z_{zu} \cdot \frac{I_m}{4} \cdot (1 - k_{1z}), \quad (5)$$

gdje su :

$U_{p5}$  – prenapon koji djeluje na izolaciju voda pri atmosferskom pražnjenju u zaštitno uže [kV],

$Z_{zu}$  – karakteristična impedansa zaštitnog užeta [ $\Omega$ ]

Zaštitno uže ne pruža apsolutnu zaštitu od prodora atmosferskog pražnjenja mimo njega i pražnjenja u fazni provodnik. Vjerovatnoća prodora atmosferskog pražnjenja mimo zaštitnog užeta se može procijeniti primjenom formule Burgsdorfa, u sledećem obliku [2]:

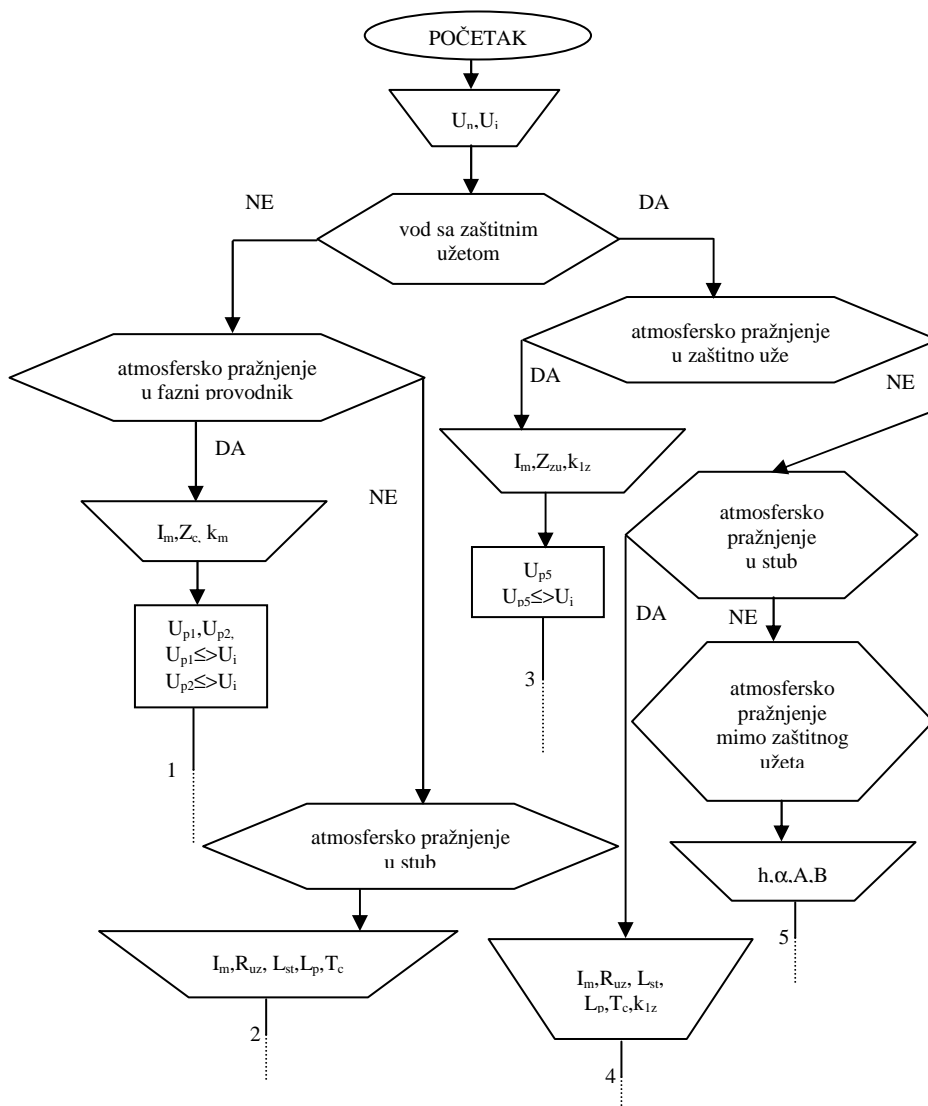
$$\log P = \frac{\alpha \cdot \sqrt{h}}{A} - B, \quad (6)$$

gdje su :

$P$  – vjerovatnoća prodora atmosferskog pražnjenja mimo zaštitnog užeta,

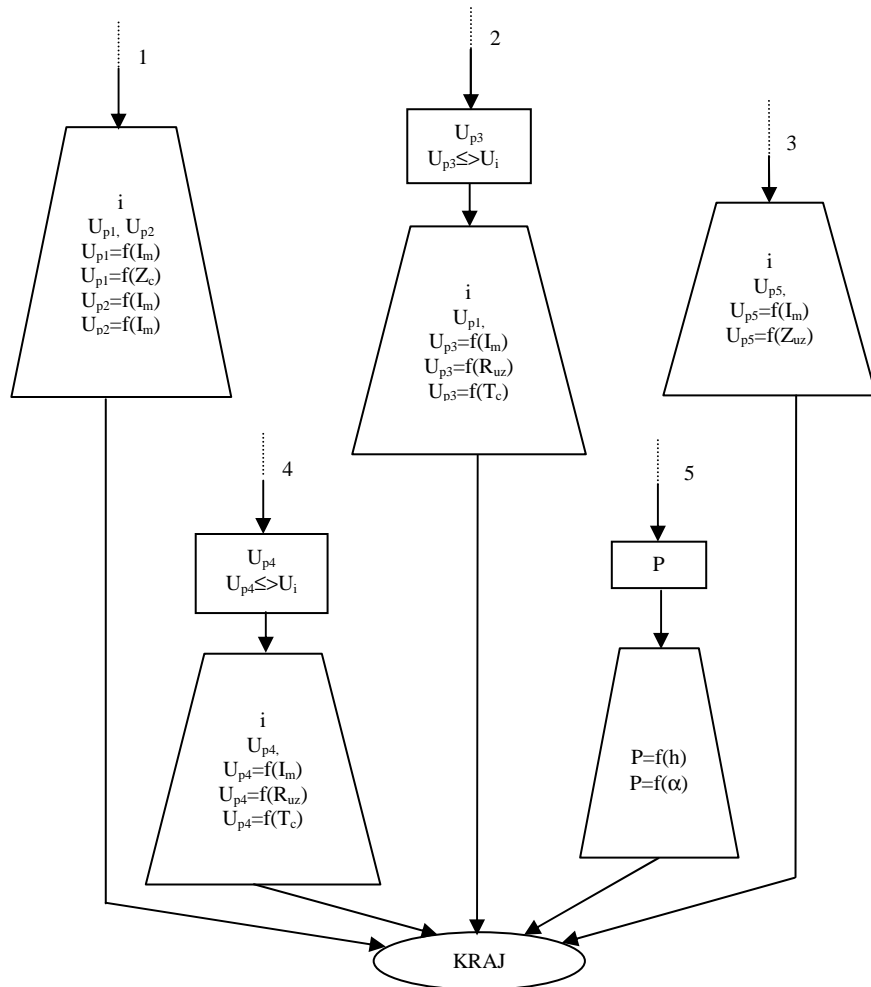
$h$  – efektivna visina zaštitnog užeta iznad zemlje,

$\alpha$  – zaštitni ugao,



Slika 1 (početak): Uprošćeni blok dijagram korišćenog programa

A – empirijska konstanta koja se usvaja da je 50,  
 B – empirijska konstanta koja se usvaja da je 4.



Slika 1 (nastavak): Uprošćeni blok dijagram korišćenog programa

### 3. PROGRAM ZA PRORAČUNE

Da bi se analizirao uticaj atmosferskog pražnjenja na nadzemne vodove neophodno je prvo procijeniti visinu prenapona koji se mogu pojaviti u konkretnim slučajevima. Analize i proračuni dati u ovom radu, su izvršeni korišćenjem opšteg matematičkog modela zasnovanog na analitičkim postupcima.

Na osnovu relacija (1) do (6), navedenih u predhodnom dijelu rada, urađen je program za proračune i analize. Program urađen u MATLAB-u omogućava veoma jednostavno komuniciranje sa korisnikom i pored mogućnosti izračunavanja vrijednosti prenapona,

Tabela I Ulazni i izlazni podaci za posmatrane slučajeve

	Pražnjenje u	Ulazni podaci	Izlazni podaci	Kri.	
VOD BEZ ZAŠTITNOG UŽETA	Fazni provodnik	$I_m=15 \text{ kA}$ $Z_c=400 \Omega$ $K_m=0,3$	$U_{p1}=1500 \text{ kV}$ preskok za $i=(1,2,3,4)$	$U_{p1}=f(I_m)$	1
				$U_{p1}=f(Z_c)$	2
			$U_{p2}=1050 \text{ kV}$ preskok za $i=(1,2,3)$	$U_{p2}=f(I_m)$	3
				$U_{p2}=f(Z_c)$	4
	Stub	$I_m=10 \text{ kA},$ $R_{uz}=5 \Omega,$ $L_{st}=0,83$ $\eta H/m,$ $L_p=25 \eta H,$ $T_c=1 \eta s$	$U_{p3}=308,3 \text{ kV}$ preskok za $i=(1,2)$	$U_{p3}=f(I_m)$	5
				$U_{p3}=f(R_{uz})$	6
$U_{p3}=f(T_c)$				7	
VOD SA ZAŠTITNIM UŽETOM	Stub	$I_m=20 \text{ kA},$ $R_{uz}=5 \Omega,$ $L_{st}=0,83$ $\eta H/m,$ $T_c=1 \eta s$ $L_p=25 \eta H,$ $T_c=1 \eta s$	$U_{p4}=415,3 \text{ kV}$ preskok za $i=(1,2)$	$U_{p4}=f(I_m)$	8
				$U_{p4}=f(R_{uz})$	9
				$U_{p4}=f(T_c)$	10
	Zaštitno uže	$I_m=10 \text{ kA},$ $Z_{zu}=300 \Omega,$ $K_{1z}=0,3$	$U_{p5}=525 \text{ kV}$ preskok za $i=(1,2)$	$U_{p5}=f(I_m)$	11
				$U_{p5}=f(Z_{zu})$	12
				Mimo zaštitnog užeta	$h=10 \text{ m}$ $\alpha=30^\circ$
$P=f(h)$	14				

omogućava i procjenu uticaja promjena različitih parametara vodova i atmosferskog pražnjenja na visinu prenapona i mogućnost preskoka za vodove sa ili bez zaštitnog užeta.

Na početku programa definisani su podnosivi udarni naponi izolacije  $U_i$  za različite naponske nivoe ( $i$ -naponski nivo) [3]. Kao ulazni parametri koriste se: parametri atmosferskog pražnjenja koji se mogu mjeriti ( $I_m$ ) ili izračunati ( $T_c$ ), kao i parametri voda definisani njegovom konstrukcijom ( $Z_c$ ,  $Z_{zu}$ ,  $R_{uz}$ ,  $L_{st}$ ,  $L_p$ ,  $k_m$ ,  $k_{1z}$ ,  $h$ ,  $\alpha$ ). Na osnovu tih podataka dobijaju se sledeći izlazni podaci :

a) Vod bez zaštitnog užeta:  $U_{p1}$ ,  $U_{p2}$  i  $U_{p3}$ , definisani izrazima (1), (2) i (3),

b) Vod sa zaštitnim užetom:  $U_{p4}$ ,  $U_{p5}$  i  $P$ , definisani izrazima (4), (5) i (6).

Nakog svakog izračunavanja prenapona vrši se njegovo upoređivanje sa podnosivim udarnim naponom izolacije za različite naponske nivoe i na osnovu toga se procjenjuje može li doći do preskoka ili ne. Za svaki od ovih posmatranih slučajeva moguće je dati i grafičku zavisnost prenapona od odgovarajućih ulaznih parametara.



### 3.1. BLOK DIJAGRAM

Uprošćeni blok dijagram koji opisuje tok rada korišćenog programa dat je na Slici 1. Sve veličine koje se koriste u blok dijagramu opisane su i definisane u predhodnom dijelu rada.

## 4. PRIMJER PRIMJENE PROGRAMA NAKONKRETNE SLUČAJEVE

U ovom dijelu rada pokazan je rad programa i njegove mogućnosti u zavisnosti od toga koji je konkretan slučaj posmatran. Radi ilustracije procedure proračuna i analize u Tabeli I dati su svi neophodni podaci [5] koji se koriste kao ulazne veličine za program (zavisno od toga koji konkretan slučaj korisnik odluči da posmatra) i izlazni podaci, koji su prikazani i grafički na slikama od 2 do 7.

### 4.1. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Na osnovu podataka datih u Tabeli I i analize promjena i uticaja prikazanih na Slikama od 2 do 7, može se konstatovati sledeće:

Prenaponi koji se usljed direktnog atmosferskog pražnjenja pojavljuju na vazдушnim vodovima zavise od:

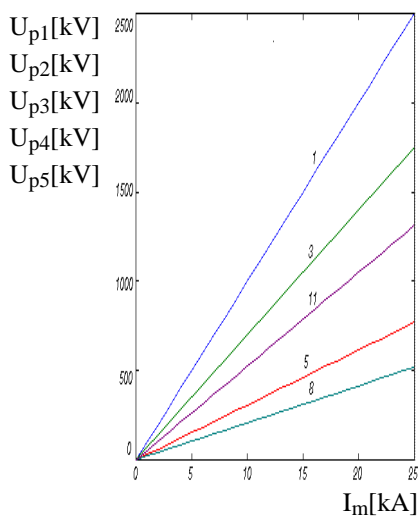
- parametara atmosferskog pražnjenja, na koje se ne može uticati ( $I_m, T_c$ ), i
- parametara vazдушnih vodova definisanih njegovom konstrukcijom, na koje se može uticati ( $Z_c, Z_{zu}, R_{uz}, L_{st}, L_p, k_m, k_{1z}, h, \alpha$ ).

Veličina ovih prenapona je linearno zavisna od veličine  $I_m, Z_c, R_{uz}$  i  $Z_c$ . To znači da sa povećanjem ovih veličina dolazi do direktnog povećanja prenapona, odnosno do povećanja rizika, tj. vjerovatnoće oštećenja izolacije, i obrnuto.

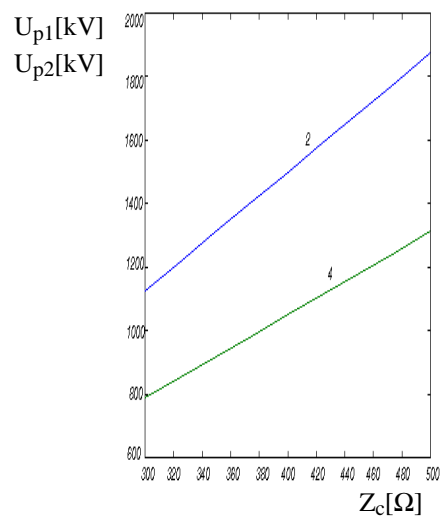
U slučaju atmosferskog pražnjenja u stub vrijednosti nastalih prenapona zavise i od  $T_c$ . Povećanjem  $T_c$  dolazi do smanjenja prenapona i obrnuto, pri čemu je to smanjenje veće kod vodova sa zaštitnim užetom.

Upoređujući vrijednosti prenapona pri pražnjenju u stub sa i bez zaštitnog užeta, uočljivo je da su prenaponi veći u slučaju voda bez zaštitnog užeta, odnosno vjerovatnoća oštećenja izolacije (i preskoka) je veća kod vodova bez zaštitnih užadi.

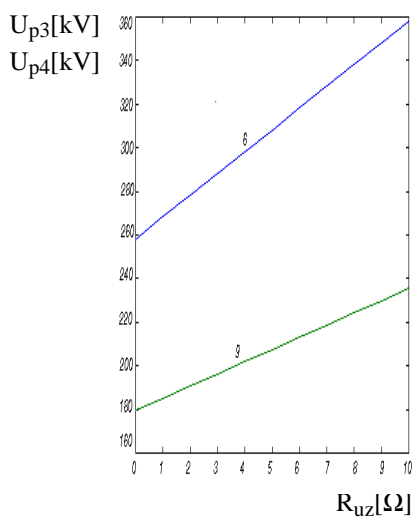
U slučaju prodora atmosferskog pražnjenja mimo zaštitnog užeta i pražnjenja u fazni provodnik, vjerovatnoća prodora atmosferskog pražnjenja mimo zaštitnog užeta se povećava sa porastom  $\alpha$  i  $h$ , i to utoliko brže što su ovi parametri veći.



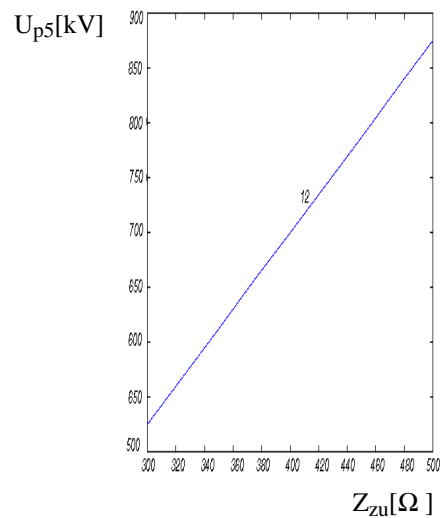
Slika 2: 1- $U_{p1}=f(I_m)$ ; 3- $U_{p2}=f(I_m)$ ; 5- $U_{p3}=f(I_m)$ ;  
8- $U_{p4}=f(I_m)$ ; 11- $U_{p5}=f(I_m)$ .



Slika 3: 2- $U_{p1}=f(Z_c)$ ; 4- $U_{p2}=f(Z_c)$



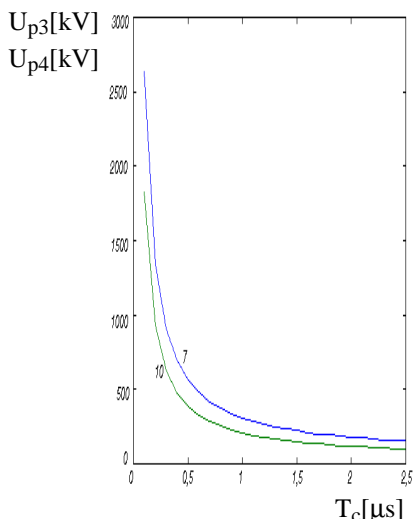
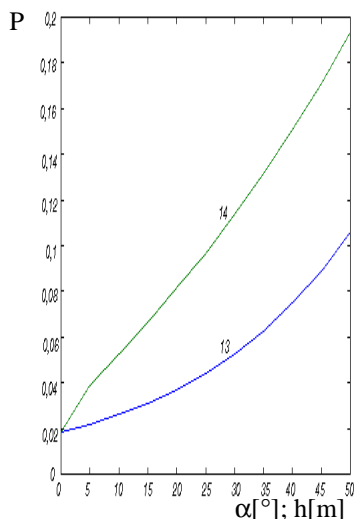
Slika 4: 6- $U_{p3}=f(R_{uz})$ ; 9- $U_{p4}=f(R_{uz})$ .



Slika 5: 12- $U_{p5}=f(Z_{zu})$ .

## 5. ZAKLJUČAK

Da bi se ostvarila adekvatna zaštita od atmosferskih pražnjenja, potrebno je prije svega dobro poznavati način nastanka atmosferskih pražnjenja, njihovo prostiranje od mjesta pojave i efekte koje oni izazivaju.

Slika 6:  $7-U_{p3}=f(T_c)$ ;  $10-U_{p4}=f(T_c)$ .Slika 7:  $13-P=f(\alpha)$ ;  $14-P=f(h)$ .

Pošto su vazdušni vodovi, zbog svoje velike dužine, znatno češće od ostalih elemenata elektroenergetskog sistema izloženi atmosferskim pražnjenjima samo su oni analizirani u ovom radu.

Na osnovu datog matematičkog modela i na njemu zasnovanog programskog paketa izvršeni su neophodni proračuni za konkretne posmatrane slučajeve, kao i njihova detaljna analiza.

Očigledno je da način dejstva atmosferskog pražnjenja na izolaciju nadzemnih vodova, pored zavisnosti od parametara atmosferskog pražnjenja zavisi u određenoj mjeri i od konstruktivnih parametara vodava.

Pošto se na karakteristike atmosferskog pražnjenja ne može uticati, način da se smanje prenaponi koji prilikom direktnog atmosferskog pražnjenja mogu djelovati na izolaciju vodova i ugroziti njene karakteristike, je djelovanje na konstruktivne parametre voda. U radu je ukazano na efekte koji se mogu ostvariti odgovarajućim promjenama različitih parametara vazdušnih vodava, definisanih njegovom konstrukcijom, na visinu prenapona nastalih atmosferskim pražnjenjem.

Na ovaj način se ne može u potpunosti isključiti mogućnost oštećenja izolacije i preskoka, jer bez obzira koliko dobro su odabrani parametri vodova, odlučujući parametri koji diktiraju vrijednosti prenapona su parametri atmosferskog pražnjenja, na koje se, nažalost, ne može bitnije uticati.

Za pouzdaniju zaštitu od opasnih prenapona nastalih direktnim atmosferskim pražnjenjem neophodno je koristiti razna zaštitna sredstva (najčešće odvodnik prenapona), koja služe da ograniče prenapone na dozvoljeni nivo.

Daljom dogradnjom urađenog programa neophodno je odgovarajućim modelovanjem zaštitnih sredstava [2], što adekvatnije i jednostavnije obuhvatiti u okviru ovih analiza i zaštitna sredstva, kao i prigušenje i izobličenje talasa usled: gubitaka u vodu, korone i na povratnom putu kroz zemlju, kao i trenutne vrijednosti radnog napona.

## LITERATURA

- [1] Seminar, Zaštita od atmosferskog pražnjenja u novoj Jugoslovenskoj regulativi, *Zbornik referata*, Zlatibor 1995.
- [2] M.Savić; Z.Stojković: "Tehnika visokog napona - Atmosferski prenaponi", *Elektrotehnički fakultet u Beograd*, Beograd 1996.
- [3] Lj.Milanković: "Tehnika visokog napona", *Elektrotehnički fakultet u Beogradu*, Beograd 1981.
- [4] H.A.Tuhjakov; K.F.Stepančuk: "Tehnika visokih naprjačenij", Minsk 1971.
- [5] S.Škuletić: "Tehnika visokog napona", *Univerzitet Crne Gore, Podgorica*, 1989.