

## Deo II

### Primeri proračuna prelaznih procesa

## Dodatak A

# Zaštitno uže na vodovima srednjeg napona

Zaštitna užad mogu da utiču na sledeće karakteristike srednjenaponskih nadzemnih vodova:

- broj preskoka na nadzemnim vodovima usled atmosferskih pražnjenja,
- amplituda struja jednopolnih kvarova u sistemima sa uzemljenom neutralnom tačkom,
- visina napona dodira i koraka u postrojenjima ili u blizini postrojenja u sistemima sa uzemljenom neutralnom tačkom,
- veći investicioni troškovi pri izgradnji vodova za zaštitnim užetom,
- potrebno je dodatno mehaničko ojačanje stubova zbog većeg naprezanja pri snegu i vetru.

Na ovom mestu će se analizirati samo uticaj zaštitnog užeta na broj preskoka usled atmosferskih pražnjenja za srednjenaponske mreže različitog nazivnog napona.

Po pravilu se na vodovima nazivnog napona 110 kV ili više uvek koriste zaštitna užad jer značajno smanjuju broj preskoka usled atmosferskih pražnjenja. Razlog je što je preskočni udarni napon izolacije vodova dovoljno veliki da pri udaru u zaštitno uže uticaj odvođenja struje kroz stub i zemlju smanjuje napon na stubu da se spreči povratni preskok. Izuzetak mogu da budu vodovi 110 kV sa jako velikim otporom uzemljenja stubova.



Tabela A.1: Tipični geometrijski podaci za nadzemni vod 35 kV

Visina stuba do vrha (m)	Visina gornje faze (m)	Dužina raspona ( m )	Presek užeta (mm <sup>2</sup> )	Presek faze (mm <sup>2</sup> )
22	16	100	35	95

1. poluprečnik ili površina poprečnog preseka zaštitnog užeta,
2. poluprečnik faznog provodnika,
3. dužina raspona kod analize broja preskoka na vodovima bez primene linijskih odvodnika prenapona.

Parametri koji bitno utiču na broj preskoka usled atmosferskih udara su sledeći:

1. podnosivi udarni napon izolacije (zavisi od nazivnog napona voda),
2. otpornost uzemljenja stuba,
3. visina stuba.

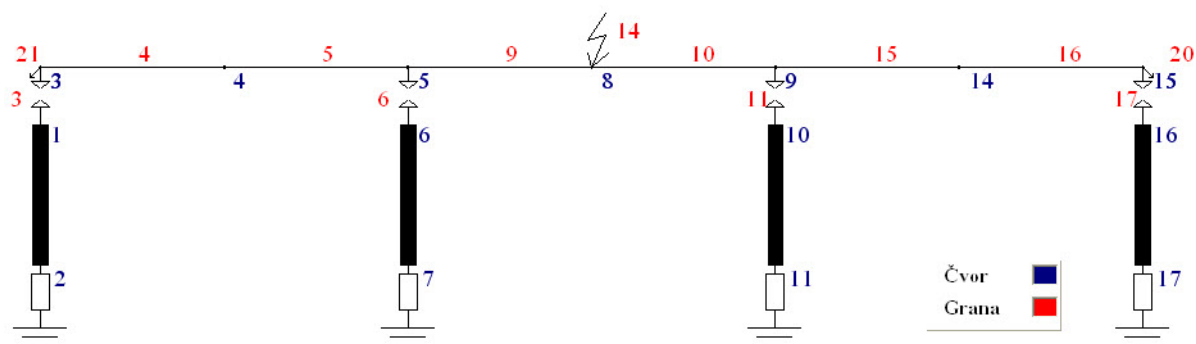
U narednim primerima se neće se navoditi parametri sistema koji ne utiču bitno na broj kvarova usled atmosferskih udara.

Preskočna karakteristika izolatorskog lanca sa zaštitnim rogovima ima važan uticaj na rezultate. Izabrana je V-t metoda, objašnjena u poglavlju 7.5.2, na strani 237, a data je izrazom 7.78. Odabrane su sledeće empirijske konstante za modelovanje preskočne karakteristike metodom V-t karakteristike:

$$\begin{aligned}
 K_1 &= 400 \times d \text{ (kV}\mu\text{s)} \\
 K_2 &= 710 \text{ (kV/m)} \\
 A_n &= 0.75 \\
 d &= 0.348 \text{ (m)}
 \end{aligned}
 \tag{A.1}$$

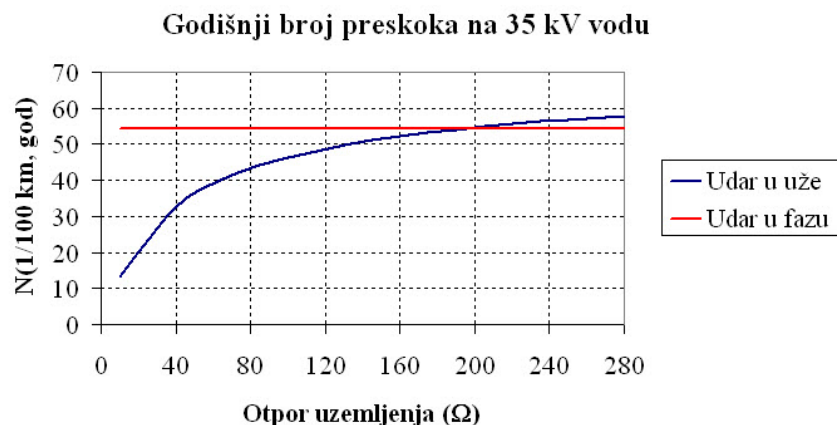
Proračun je ponovljen za 35 kV vod bez zaštitnog užeta. Analizirana faza se nalazi na vrhu stuba. Visina faze je identična za vod sa užetom i vod bez užeta. Izolator je na vodu bez užeta označen kao iskrište, za razliku od voda sa zaštitnim užetom kod koga je iskrište sastavni deo stuba i nije istaknuto u šemi. Zamenska šema u programu Grom data je na slici A.2

Na slici A.3 prikazan je godišnji broj povratnih preskoka na 100 km za 35 kV vod sa zaštitnim užetom, kada se varira otpor uzemljenja od 10  $\Omega$  do 280  $\Omega$ , što odgovara opsegu



Slika A.2: Ekranski prikaz zamenske šeme nadzemnog voda bez zaštitnog užeta u analizi broja preskoka

specifičnog otpornosti tla od  $100 \Omega\text{m}$  do  $2500 \Omega\text{m}$  za prstenasti uzemljivač poluprečnika 3.3 m, prema izrazu 7.64, na strani 222. Nacrtan je na istoj slici i slučaj pražnjenja u fazni provodnik, kod konstrukcije voda bez zaštitnog užeta, a svi ostali geometrijski odnosi su ostali isti. U tom slučaju broj preskoka uopšte ne zavisi od otpora uzemljenja, jer udar u fazni provodnik dovodi do porasta napona na izolaciji stuba nezavisno od otpornosti stubova.



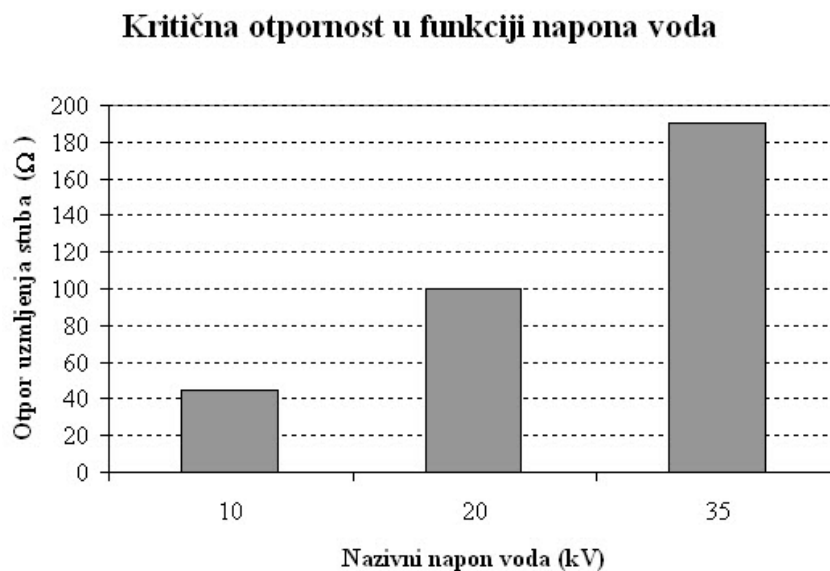
Slika A.3: Godišnji broj preskoka na 100 km za 35 kV vod pri udaru zaštitno uže ili u fazu za različite otpore uzemljenja

Sa slike A.3 se vidi da pri otpornosti uzemljenja stubova od  $190 \Omega$  broj preskoka pri udaru u zaštitno uže ili pražnjenja u fazni provodnik bez zaštitnog užeta je praktično identičan. Pri manjim otpornostima uzemljenja zaštitno uže ima zaštitnu ulogu jer se smanjuje broj ispada vodova usled povratnog preskoka. Pri većim otpornostima uzemljenja broj preskoka usled udara u zaštitno uže je veći zbog veće atraktivne zone voda, pošto je zaštitno uže na većoj visini od faznog provodnika.

## A.2 Uticaj nazivnog napona voda na broj preskoka

Analiza je izvršena za vodove nazivnog napona 10 kV, 20 kV i 35 kV identične geometrije da bi se ustanovilo pri kojim vrednostima otpora uzemljenja stubova postaje broj preskoka sa zaštitnim užetom veći od broja preskoka identičnog voda bez zaštitnog užeta. Mora se naglasiti da se visine i ostali parametri stubova i dužine raspona razlikuju za različite naponske nivoe, a taj faktor u ovoj analizi nije uzet u obzir.

Na slici A.4 prikazana je kritična otpornost uzemljenja stuba pri kojoj je broj preskoka na vodu sa zaštitnim užetom veći od slučaja bez užeta.



Slika A.4: Kritična otpornost pri kojoj je broj preskoka sa zaštitnim užetom veća od slučaja bez užeta

Vidi se da je za više vrednosti nazivnog napona voda pogodno dejstvo zaštitnog užeta izražen i za velike vrednosti otpora uzemljenja.

Pored otpornosti uzemljenja stubova, na odluku da li nam treba zaštitno uže za određeni naponski nivo zavisi i od sledećih faktora:

- važnosti pouzdanog napajanja po razmatranom vodu,
- grmljavinske aktivnosti na području voda,
- ekonomski aspekti povećanih investicionih troškova za postavljanje zaštitnog užeta i pojačanje mehaničke konstrukcije stubova,
- uticaj na intenzitet i raspodelu struja kratkih spojeva,

- uticaj na napone dodira i koraka u blizini postrojenja ili dalekovodnih stubova kada su postavljena zaštitna užad.

### **Zahvalnica**

Primer je nastao na osnovu studije pod nazivom "Sagledavanje mogućnosti zamene faznih provodnika 70 mm<sup>2</sup> provodnicima 95 mm<sup>2</sup> u cilju povećanja propusne moći dalekovoda Suva separacija sa stanovišta koordinacije izolacije u RB Kolubara". Studija je rađena 2011 god. Analiza je na ovom primeru dopunjena uticajem nazivnog napon sistema na broj preskoka na vodovima srednjeg napona.