

PROJEKTOVANJE ZAŠTITE U NISKONAPONSKIM INSTALACIJAMA**DESIGN OF PROTECTION IN LOW VOLTAGE INSTALLATIONS**Jelena Šešlija, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu se razmatra projektovanje zaštitnih uređaja u niskonaponskim instalacijama. Detaljnim opisima uređaja, proračunima i primerima opisana je postupak izbora zaštitnih uređaja kako bi instalacije električne energije bilo što bezbednije za korišćenje.

Ključne reči: Zaštitni uređaji, proračuni

Abstract – The paper deals with the design of protective devices in low voltage installations. Detailed descriptions of devices, calculations and examples describe the procedure for selecting protective devices in order to make electrical installations safer for use.

Ključne reči: protective devices, calculations

1. UVOD

Energetski sistemi su energetske objekti međusobno povezani tako da čine jedinstven tehničko-tehnološki sistem. Elektroenergetski sistemi su posebna klasa energetske sistema, u kojima se primarna energija u svojoj prirodno raspoloživoj formi, pretvara u električnu energiju, a ova se dalje prenosi i distribuira krajnjim korisnicima. Elektroenergetski sistem u smislu Zakona o energetici [1] čine:

1. Proizvodnja električne energije, koja obuhvata proizvodnju u hidroelektranama, termoelektranama, elektranama – toplanama i elektranama na obnovljive izvore energije ili otpad.
2. Prenosni sistem električne energije, koji čini mreža visokog napona od 400 kV, 220 kV i deo mreže 110 kV, kao i drugi energetske objekti, telekomunikacioni sistem, informacioni sistem i druga infrastruktura neophodna za funkcionisanje elektroenergetskog sistema.
3. Distributivni sistem električne energije, koji čini niskonaponska mreža, sredjenaponska mreža i deo 110 kV mreže, kao i drugi energetske objekti, telekomunikacioni sistem, informacioni sistem i druga infrastruktura za funkcionisanje distributivnog sistema [1].

Da bi se koristila električna energija, potrebno je raspolagati, pored potrošača i izvora, i električnom instalacijom u zatvorenim prostorijama. Napravu koja se za svoj rad koristi električnom energijom se naziva električni prijemnik (potrošač). Električni potrošač u radu mora biti vezan (priklučen) na izvor električne energije. Veza potrošača sa izvorom električne energije ima tri dela: prvi deo se nalazi na mestu proizvodnje električne energije, u električnoj centrali (elektrani) i naziva se električnim postrojenjem; drugi deo povezuje mesto proizvodnje sa mestom potrošnje, to je električna mreža; treći se deo nalazi na mestu potrošnje u zgradi i naziva se električna instalacija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Duško Bekut, red.prof.

Kako bi se električne instalacije projektovale, izvodile i koristile tako da ne ugrožavaju ni ljudske živote, ni opremu ni samu instalaciju potrebno je koristiti zaštitne uređaji koji obezbeđuje sigurno i pouzdano korišćenje električne instalacije. Projektovanjem se mogu baviti lica koja imaju potrebno znanje i dozvolu (licencu Inženjerske komore Srbije). Prilikom projektovanja instalacija izbora zaštitnih uređaja predstavlja jedan od najvažnijih koraka. Iz tog razloga ovaj rad bazira se na izboru i proračunima koji su potrebni za pravilan izbor zaštitnih uređaja u niskonaponskim (NN) instalacijama [2].

Nakon uvoda, u drugoj glavi je objašnjeno je projektovanje elektroenergetskih niskonaponskih instalacija. U trećoj glavi objašnjen je pojam zaštite električnih instalacija kao i vrste zaštite. U četvrtoj glavi detaljno su objašnjeni i prikazani zaštitni uređaji u niskonaponskim instalacijama. U petoj glavi opisan je proračun zaštitnih uređaja kojim se određuju svi potrebni uređaji za bezbedno i sigurno korišćenje instalacija. U šestoj glavi dati su najvažniji članovi standarda za elektroenergetske niskonaponske instalacije. U sedmoj glavi prikazana su dva primera za proračun zaštitnih uređaja. U osmoj glavi iznet je zaključak, a u devetoj glavi je navedena literatura.

2. PROJEKTOVANJE NISKONAPONSKIH INSTALACIJA

Projekat elektroenergetskih instalacija je pisani rad kojim se određuju svi podaci potrebni za izvođenje, a kasnije i za održavanje električne instalacije objekta.

2.1 Vrste projekata elektroenergetskih instalacija

Prema Zakonu o planiranju i izgradnji postoje sledeće vrste projekata:

- generalni projekat,
- idejni projekat,
- glavni projekat,
- izvođački projekat,
- projekat izvedenog objekta.

Generalni i idejni projekat izrađuju se za potrebe utvrđivanja koncepcije objekta. Glavni projekat izrađuje se za potrebe izgradnje objekta i pribavljanja građevinske dozvole. Izrađuje se u skladu sa urbanističkom dozvolom (što za glavni elektroenergetski projekat podrazumeva elektroenergetsku saglasnost nadležnog elektroprivrednog preduzeća). Izvođački projekat sadrži razradu svih neophodnih detalja za građenje objekta prema glavnom projektu. Projekat izvedenog objekta prikazuje izvedeno stanje objekta za potrebe eksploatacije i održavanja objekta [1].

2.2 Sadržaj glavnog elektro projekta

Sadržaj glavnog elektro projekta tehničke dokumentacije nije

određen (propisan) u jednom dokumentu. Projekti pojedinih instalacija (unutrašnjih i spoljašnjih) treba da sadrže: situaciju sa ucrtanim priključcima i spoljašnjom razvodnom mrežom, sve grafičke, računске i opisne priloge potrebne za izvođenje instalacija i za utvrđivanje cene radova. Na osnovu navedene zakonske regulative, projektantska preduzeća su razvila svoj koncept formiranja projekata elektroenergetskih niskonaponskih instalacija. Jedan od najčešćih načina „formiranja” ovih projekata u praksi sadrži sledeće delove:

1. Opšte podatke (naslovna strana, podaci o investitoru, podaci o objektu, itd, [2]).
2. Projektni zadatak (tehnički podaci dobijeni od strane investitora o objektu, mestu građenja, instalisanu snagu svih električnih uređaja [2]).
3. Tehnički opis (način napajanja objekta, izbor vodova, vrste izvođenja instalacije, tip svetiljki, izbor instalacionih sklopki itd. [2]).
4. Opšte i tehničke uslove (izbor najvažnijih delova propisa i zahteva koji su bitni za izvođenje elektro instalacija [2]).
5. Prilog o bezbednosti i zdravlju na radu.
6. Predmer i predračun radova (količine materijala potrebne za ugradnju, potrebna radna snaga za izvođenje radova [2]).
7. Proračuni (određivanja snage potrošača, vršno opterećenje pojedinih delova instalacija i cele instalacije, proračun tipa vodova preseka vodova njihove zaštite i efikasnost zaštite od indirektnog dodira delova pod naponom, proračun uzemljenja, proračun osvetljenja u pojedinim prostorijama [2]).
8. Grafička dokumentacija (situacija, plan električne instalacije, jednopolne šeme, šeme vezivanja, dispozicija, detalji za izvođenje elektro radova).

3. ZAŠTITA ELEKTRIČNH NISKONAPONSKIH INSTALACIJA

Električna struja, ukoliko teče kroz telo ili deo tela, je opasna po čovečije telo. U svetu su izvršena razna ispitivanja kako električna struja deluje na ljudski organizam.

U svakodnevnom životu svaki čovek se susreće sa električnom strujom (osvetljenje, mali kućni aparati, utičnice), a sve te električne naprave su izvor opasnosti ukoliko nisu pravilno priključene ili su oštećene. Uloga zaštite električnih instalacija je sprečavanja svakog dodira čoveka sa delovima instalacije koji su pod naponom [2].

3.2 Zaštita od prekomernih struja

Provodnici pod naponom moraju biti zaštićeni sa jednim ili više uređaja za automatski prekid napajanja u slučaju preopterećenja i kratkog spoja, osim u slučajevim gde prekomerna struja ne može biti veća od podnosive struje provodnika (npr. određeni transformatori za zvonca i sl.).

3.3 Zaštita od električnog udara

Zaštita od električnog udara postiže se primenom odgovarajućih mera [1]:

- Istovremene zaštite od direktnog i indirektnog dodira.
- Zaštite od direktnog dodira.
- Zaštite od indirektnog dodira.

3.3.1 Istovremena zaštita od direktnog i indirektnog dodira
Primenom istovremene zaštite od direktnog i indirektnog dodira ne ugrožava se čovečiji život ni pri direktnom dodiru delova pod naponom, ni pri kvaru u izolaciji.

3.3.2 Zaštita od direktnog dodira delova pod naponom

Zaštita od direktnog dodira delova pod naponom obuhvata sledeće mere:

- Zaštita delova pod naponom izolovanje.
- Zaštita pregradama ili kućištima.
- Zaštita preprekama.
- Zaštita postavljanjem van dohvata ruke.
- Dopunska zaštita pomoću zaštitnih uređaja diferencijalne struje (ZUDS).

3.3.3 Zaštita od indirektnog dodira delova pod naponom

Zaštita od indirektnog dodira delova pod naponom obuhvata:

- Zaštitu automatskim isključenjem napajanja.
- Zaštitu upotrebom uređaja klase II ili odgovarajućom izolacijom.
- Zaštitu postavljanjem u neprovodne prostorije.
- Zaštitu lokalnim izjednačenjem potencijala.
- Zaštitu električnim odvajanjem.

3.4 Zaštita od prenapona

Prenaponi se mogu pojaviti u niskonaponskim instalacijama kao posledica:

- Atmosferskih pražnjenja.
- Zemljospoja usled kvara na strani visokog napona.
- Sklopnih prenapona.
- Rezonanci.

Prema Pravilniku o tehničkim normativima za električne niskonaponske instalacije, na mestima na kojima atmosferski prenaponi mogu izazvati opasnost, moraju se postaviti odvodnici prenapona.

3.5 Izjednačenje potencijala

Izjednačenje potencijala je električni spoj kojim se razni izloženi i strani provodni delovi dovode na isti potencijal. Galvanskim povezivanjem vodovodnih i drugih instalacija (gromobranska instalacija, grejanje, lift itd.) sa uzemljenjem objekta postiže se izjednačenje potencijala [1].

4. ZAŠTITNI UREĐAJI

Zaštitni uređaju u niskonaponskim instalacijama imaju ulogu da prekinu strujno kolo pre nego što nastane oštećenje instalacije, izvora ili potrošača usled nedozvoljenog opterećenja, bilo namernog ili slučajnog ili opterećenja kratkim spojem. Najzastupljeniji niskonaponski uređaji su: osigurači i prekidači [1].

4.1 Osigurači

Osigurač je uređaj koji služi za zaštitu instalacionih vodova od velikih struja kratkog spoja i preopterećenja [1]. Da bi osigurači svoju namenu u niskonaponskim instalacijama mogli ostvariti na najbolji način, neophodno je da zaštita električnih uređaja bude selektivna tj. da iz strujnog kola

isključi samo onaj deo koji je u kvaru. Selektivnost se postiže tako što ose osigurači postavljaju uvek ispred električnih uređaja koje štite, ali i samim izborom osigurača. To znači da nazivne struje osigurača bližih električnim uređajima su manje od nazivnih struja osigurača koji su udaljeniji.

Osigurač se mora postaviti [3]:

- Na početku svakog neuzemljenog provodnika.
- Na mestima gde se menja presek provodnika ili gde se prelazi na odvojak sa manjim presekom.
- Osigurači se obično postavljaju centralizovano za više strujnih krugova na pristupačnom mestu.

Zabranjeno je postaviti osigurač:

- U provodnik za pogonsko uzemljenje.
- U zaštitne ili nul-provodnike višefaznih vodova.
- U strujne krugove gde bi pregorevanjem osigurača moglo doći do neke štete ili opasnosti.
- U blizini lako zapaljivih predmeta.

4.3 Prekidači

Prekidači su mehanički rasklopni aparati koji mogu da uključuju, provode i prekidaju struju u normalnim uslovima strujnog kola. Kao i da uključuju, provode u određenom vremenu i prekidaju struje u nenormalnom uslovima strujnog kola kao što su one pri kratkom spoju [1].

5. PRORAČUN ZAŠTITE U NISKONAPONSKIM INSTALACIJAMA

Za ekonomično i pouzdano projektovanje instalacije neophodno je na samom početku odrediti najveću snagu instalacije (P_{max}). Pri određivanju najveće snage instalacija u obzir se uzima faktor jednovremenosti (k_j). Brojne vrednosti faktora jednovremenosti određuju se uglavnom empirijski i daju u tabelama.

Jednovremena maksimalna snaga (P_{max}) kojom se električna energija prenosi kroz razvodne vodove predstavlja se jednačinom:

$$P_{max} = k_j \sum_{i=1}^n P_i, \quad (1)$$

gde je:

$$\sum_{i=1}^n P_i \quad - \quad \text{instalirana snaga,}$$

k_j – faktor jednovremenosti.

5.1 Izbor provodnika s obzirom na trajno dozvoljenu struju

Stvarna trajno dozvoljena struja kabla izračunava se prema sledećoj jednačini:

$$I_z = k_\theta k_\lambda k_n I_{tr\ doz}, \quad (2)$$

gde je:

I_z – stvarna trajno dozvoljena struja kabla [A],

$I_{tr\ doz}$ – trajno dozvoljena struja kabla [A],

k_θ – korekcionni faktor za temperaturu,

k_λ – korekcionni faktor za termičku otpornost tra,

k_n – korekcionni faktor za grupno položena strujna kola.

Trajno dozvoljena struja kabla zavisi od tipa električnog razvoda, broja opterećenih provodnika i vrste izolacije. Osim toga trajno dozvoljena struja se razlikuje za provodnike načinjene od bakra i provodnike od aluminijuma [1]. Vrednosti trajno dozvoljene struje date su tabeli 1.

Tabela 1 – Trajno dozvoljena struja [1]

Bakar		Aluminijum	
Presek (mm ²)	$I_{tr\ doz}$	Presek (mm ²)	$I_{tr\ doz}$
1	13,5	1	11
1,5	17	1,5	14
2,5	23	2,5	19
4	31	4	25
6	40	6	32
10	54	10	43
16	73	16	58
25	95	25	76
35	117	35	94
50	141	50	113
70	179	70	142
95	216	95	171
120	249	120	197
150	285	150	226
185	324	185	256
240	380	240	300

5.2 Proračun zaštite od struja preopterećenja

Zaštitni uređaji moraju biti predviđeni da prekidaju svaku struju preopterećenja koja protiče provodnicima pre nego što prouzrokuju povišenje temperature štetno po izolaciju, spojeve, stezaljke ili okolinu.

Radna karakteristika uređaja koji štiti električni vod od preopterećenja mora da ispuni dva uslova [1]:

- Prvi uslov:

$$I_B \leq I_n \leq I_z, \quad (3)$$

- Drugi uslov:

$$I_2 \leq 1.45 I_z, \quad (4)$$

gde su:

I_B – struja za koju je strujno kolo projektovano,

I_n – nazivna struja zaštitnog uređaja,

I_z – trajno podnosiva struja provodnika ili kabla.

I_2 – struja koja određuje pouzdano delovanje zaštitnog uređaja.

5.3 Proračun zaštitnih uređaja na struje kratkih spojeva

Zaštitni uređaji moraju obezbediti prekidanje struje kratkog spoja koja protiče kroz provodnike strujnog kola, pre nego što takva struja prouzrokuje opasnost od toplotnih i mehaničkih dejstava u provodnicima i spojevima

Svaka struja kratkog spoja koja se pojavi u bilo kojoj tački strujnog kola mora biti prekinuta u okviru onog vremena

koje dovodi provodnike do dozvoljene granične temperature. Za kratke spojeve koji traju do 5 s vreme (t) u kojem data struja kratkog spoja podiže temperaturu provodnika od najviše dozvoljene temperature u normalnom radu do granične temperature izračunava se formulom:

$$\sqrt{t} = k \frac{S}{I_{ks}}, \quad (5)$$

gde je:

- t – trajanje [s],
 S – presek provodnika [mm²],
 I_{ks} – efektivna vrednost struje kratkog spoja [A],
 k – faktor čija vrednost zavisi od materijala provodnika, izolacije i ostalih delova.

To znači da proizvod ($k^2 S^2$) mora biti veći od vrednosti propuštene energije ($I_2^2 t$) navedene od strane proizvođača zaštitnih uređaja.

Struja kratkog spoja proračunava se prema sledećoj formuli [2]:

$$I_{ks} = \frac{U_{nom}}{\sqrt{3} \sum Z_{ks}}, \quad (6)$$

gde je:

- $\sum Z_{ks}$ – suma impedansi kratkog spoja, tj. ukupna impedansa od izvora do mesta kvara tj. kratkog spoja kroz koji protiče struja I_{ks}.

7. PRIMER PRORAČUNA ZAŠTITNIH UREĐAJA U NISKONAPONSKIM INSTALACIJAMA

U ovoj glavi obrađen je primer proračuna zaštitnih uređaja u niskonaponskim instalacijama, koji se odnosi na proračun u stambenom objektu.

7.1 Proračun zaštitnih uređaja u stambenom objektu

Neka se razmatra stambeni objekat ukupne površine 225 m², koji se sastoji od dve etaže. Glavna razvodna tabla objekta nalazi se u prizemlju i označen je sa RT-PR, iz koje će se napajati svi potrošači koji se nalaze u prizemlju. Osim toga iz razvodne table prizemlja napajaće se i razvodna tabla koja se nalazi na drugoj etaži objekta (RT-SP). Od velikih potrošača planirana je jedna trofazna utičnica u kuhinji (5kW).

Od elektrodistribucije tražena je i odobrena maksimalna instalisana snaga za objekat 13,8 kW, kao i faktor snage 0,95. Jednovremena snaga iznosi 11,3 kW koja je izračunata na osnovu formule 1. Nominalna struja objekta iznosi 17,2 A. Na osnovu nominalne struje može se izračunati struju I₂ koja u ovom slučaju iznosi 18 A. Na osnovu iskustva projektanta i na osnovu jednovremene snage pretpostavlja se da je za napajanje objekta (RT-PR) potreban kabel preseka 10 mm², za koji je I_{trdoz}=54. Nakon dobijanja struje I_{trdoz}, na osnovu formule (2) može se proračunati struja I_z koja

iznosi 43,2 A. Nakon toga potrebno je proveriti da li su zadovoljeni uslovi iz relacija 3i 4.

Odnosno u razmatranom slučaju:

$$17,2 < 43,2;$$

$$17,2 < \ln < 43,2.$$

Zaključak je da zaštitni uređaj koji će da štiti strujni krug koji napaja RT-PR treba da bude 25 A. Nakon proračuna provodnika za napajanje RT-PR i zaštitnog uređaja od struja preopterećenja na isti način se proračunavaju i provodnici i zaštitni uređaji za ostale strujne krugove objekta, koji se rade na isti način.

Nakon proračuna padova napona potrebno je uraditi proračune na termičko naprezanje kablova tokom kratkog spoja i proveru efikasnosti zaštite od indirektnog dodira automatskim isključenjem napajanja. Struja kratkog spoja proračunava se po formuli (6). Za strujni krug kojim se napaja objekat struja kratkog spoja iznosi 5.141,00 A, a vreme t=0,05 s.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu obrađena je tema proračuna zaštitnih uređaja u niskonaponskim instalacijama.

Zaštitni uređaju u niskonaponskim instalacijama imaju ulogu da prekinu strujno kolo pre nego što nastane oštećenje instalacije, izvora ili potrošača usled nedozvoljenog opterećenja, bilo namernog ili slučajnog ili opterećenja kratkim spojem. Uloga zaštite električnih instalacija je sprečavanja svakog dodira čoveka sa delovima instalacije koji su pod naponom. Kako bi zaštitni uređaji u potpunosti odradili svoju funkciju i zaštitili kako ljudski život, tako i opremu i instalaciju, oni moraju biti izabrani i postavljeni po propisima.

9. LITERATURA

- [1] G. Dotlić: *Elektroenergetika kroz standarde, zakone, pravilnike i tehničke preporuke*: SMEITS, Beograd, 2013.
- [2] M. Mišković *Električne instalacije i osvetljenje*: Građevinska knjiga a.d, Beograd, 2005.
- [3] <https://www.scribd.com/document/363218526/INSTALACIONI-OSIGURA%C4%8CI>

Kratka biografija:



Jelena Šešlija rođena je u Trebinju 1993. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva –Elektroenergetski sistemi odbranila je 2016. god. Iste godine upisala se na master studije na istom smeru.