

MENADŽERSKE OSNOVE ELEKTROPRIVREDNOG SISTEMA

Nikola Milenković¹, Dejan Ristić²

Pregledni rad
UDK: 005.31:621.316

Apstrakt

Električne instalacije u stambenim i industrijskim objektima, uključujući i niskonaponsku mrežu, deo su elektroprivrednog sistema u kome se najveći deo električne energije pretvara u drugi oblik energije. Velika potreba današnjice da električna instalacija nudi nerizičan rad (korisnicima), moguće je da se ostvari upotrebom novih instalacionih i zaštitnih uređaja kao i dobrim električnim proračunom. U ovom radu biće reči o osnovnim aspektima javne rasvete, kao i o proračunu niskonaponske mreže, statičkom proračunu stubova i temelja (mehaničkom proračunu), proračun ekonomičnosti postrojenja javne rasvete. Važna stvar u projektovanju javne rasvete je odabir odgovarajućeg preseka provodnika i primena adekvatne zaštitne mere, s obzirom da je dodir delova pod naponom opasan po život i imovinu.

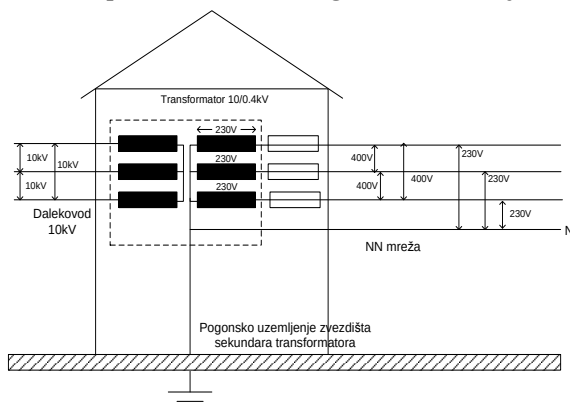
Ključne reči: električne instalacije, niskonaponske, javna rasveta, proračun.

JEL: M19, G32.

Uvod

Trofazna niskonaponska mreža je četvorožilna sa tri linijska i tri fazna napona. Na slici 1. je prikazana standardna trofazna niskonaponska elektroenergetska mreža.

Slika 1. Trofazna niskonaponska elektroenergetska instalacija



Izvor: Rad autora.

¹ Dr Nikola Milenković, Visoka škola za menadžment i ekonomiju, Ulica Karađorđeva br. 52, Kragujevac, Srbija E-mail: milenkovicnick@gmail.com

² Dr Dejan Ristić, Epoha visoka škola akademskih studija, Mileševska ulica br. 40a, 11000 Beograd, Srbija, E-mail: dejan.ristic@gmail.com

Fazni (glavni) provodnik priključuje se na izvor napona pri čemu sekundarni namotaj transformatora je izvor 230V, 50Hz i u normalnom pogonu ima napon prema zemlji 230V.

Neutralni provodnik je izveden iz zvezdišta sekundarne stanice u TS. Zvezdište je istovremeno u TS i uzemljeno pa sledi da u normalnom pogonu neutralni provodnik nema napon prema zemlji.

Trofazna NN mreža može biti i sa pet provodnika. Peti provodnik je zaštitni(PE), isto kao i neutralni izveden iz zvezdišta sekundarne strane transformatora i nema napon prema zemlji. Zaštitni provodnik služi za spajanje metalnih delova uređaja zbog provođenja zaštite od indirektnog dodira delova pod naponom. Ukoliko je NN trofazna mreža četvorožična a neutralni provodnik u sebi objedinjuje funkcije neutralnog i zaštitnog, tada se taj provodnik naziva zaštitno-neutralni provodnik i označava se slovima PEN.

Elektroenergetske instalacije služe za povezivanje potrošača sa izvorom napona do 1000V. Tu spadaju instalacija električnog osvetljenja, električnih motornih pogona, električnih termičkih i električnih hemijskih potrošača.

Kod instalacije električnog osvetljenja razlikujemo :

- osvetljenje otvorenog prostora (javna rasveta) i
- osvetljenje zatvorenog prostora.

Javna rasveta

Javna rasveta obuhvata osvetljavanje saobraćajnica i saobraćajnih površina koje su namenjene vozilima i pešacima. U tu vrstu saobraćajnica i saobraćajnih površina spadaju: auto-putevi i ulice, pešački prelaz, pešački podhodnici, pešačke zone, šetališta, pešačke staze, parkovske staze i parkirališta.

Celokupna javna rasveta je podeljena na dve osnovne grupe, i to na(Bjelić, 2001):

- Osvetljenje saobraćajnica za motorni saobraćaj,
- Osvetljenje saobraćajnica za spori saobraćaj.

Prva grupa osvetljenja saobraćajnica za motorna vozila se u osnovi deli na:

- Puteve za motorni saobraćaj (putevi koji su namenjeni isključivo za saobraćaj motornih vozila).
- Puteve za mešoviti saobraćaj (putevi koji su namenjeni za motorni i za ostali putnički saobraćaj). Ovaj tip saobraćajnice se vrednuje na osnovu: nivoa sjajnosti, ravnomernosti sjajnosti i ograničenja sjajnosti. Druga grupa osvetljenja saobraćajnica za spori saobraćaj se temelji na kvantitativnom vrednovanju sledećih faktora: nivoa osvetljenja i ravnomernosti osvetljenja.

Geometrija uređaja javne rasvete je pojam koji se upotrebljava u vezi sa rasporedom svetiljki i tiče se geometrijskih odnosa između svetiljki, saobraćajnica i stubova. Geometriju uređaja osvetljenja označavaju kao sto je to vidljivo sa slike 2(Murdoch, 1971) :

Visina montažne svetiljke - H

Razmak između svetiljki - D

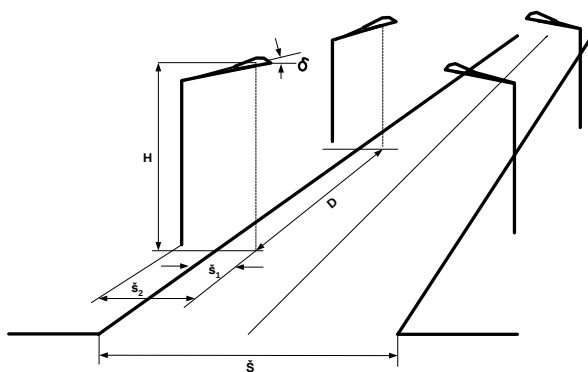
Širina puta - $\check{S}$

Preves svetiljki (horizontalno rastojanje od ivice puta do središta svetiljke) - $\check{S}_1$

Istur svetiljke (rastojanje od stuba do središta svetiljke) - $\check{S}_2$

Nagib svetiljke - δ

Slika 2. Geometrija uređaja javne rasvete



Izvor: Rad autora

Visina montaže svetiljke (H) je definisana kao vertikalni razmak između optičkog središta svetiljke i ravni puta. Taj parametar je zavistan od širine puta, rasporeda svetiljki, raspodele svetlosne jačine svetiljke i snage izvora svetlosti u svetiljkama.

Kod uobičajene širine puta visina montaže svetiljke iznosi od 7.5-10 metara. Kod širih puteva kao što su auto-putevi, brzi putevi i glavne ulice taj parametar iznosi 12 metara i više. Na petljama, saobraćajnim trgovima i parkiralištima visina montaže svetiljki iznosi 20 metara i više (to su uređaji osvetljenja sa visokim stubovima).

Razmak između svetiljki (D) je razmak između dve susedne svetiljke sa iste strane puta.

Širina puta ($\check{S}$) je razmak između obe spoljne ivice puta.

Preves svetiljke ($\check{S}_1$) je definisan kao horizontalan razmak između vertikale kroz svetiljku i ivice puta na strani svetiljke. Taj parametar zavisi od svetlotehničkih karakteristika svetiljke i raspodele sjajnosti na putu.

Istur svetiljke ($\check{S}_2$) je definisan kao horizontalni razmak između vertikale kroz osu stuba i vertikale kroz centar optičkog sistema svetiljke. Zbog statičkih i estetskih razloga ovaj istur svetiljke ne sme biti veći od $\frac{1}{4}$ visine montažne svetiljke.

Stubovi moraju biti postavljeni tako da su dovoljno udaljeni od ivice puta. Na taj način učesnici u saobraćaj mogu izbeći saobraćajne nesreće a ujedno se time sprečavaju dodatna oštećenja stubova. Minimalni dozvoljeni razmak između ivica puta i stubova određuju putno-saobraćajni ili drugi propisi.

Nagib svetiljke (δ) je definisan uglom između ravni otvora optičkog sistema svetiljke i horizontale. Treba voditi računa o ovom parametru jer ovaj nagib svetiljke ponekad može prouzrokovati i bleštanje.

Raspored svetiljki je jedan od značajnih faktora u projektovanju javne rasvete. Postoje sledeći standardni rasporedi svetiljki (Seidh, 2013):

- Jednostrani raspored
- Aksijalni raspored
- Dvostrani (cik-cak) raspored
- Centralni dvoredni raspored
- Dvostrani nasuprotni raspored

Jednostrani raspored svetiljki se uglavnom primenjuje kod ulica sa malom širinom puta (do 10 m). Kod ovog rasporeda mora visina montaže svetiljke (H) biti jednaka ili veća od širine puta ($\check{S}$), odnosno mora biti ispunjen uslov ($\check{S}/H < 1$). Ako su zgrade sa jedne strane puta, svetiljke se postavljaju sa druge strane puta u jednom redu.

Aksijalni (centralni) raspored svetiljki se primenjuje naročito kod ulica gde su zgrade locirane sa jedne i druge strane puta. Kod tog načina rasporeda visina montaže svetiljke mora biti veća ili najmanje jednaka širini ulice ($S/H < 1$). Loše strane ovog rasporeda svetiljki mogu biti: vetar koji prouzrokuje nihanje svetiljki (oscilacije prouzrokuju promenu sjajnosti i bleštanja) i održavanje uređaja osvetljenja prouzrokuje ometanje normalnog toka saobraćaja.

Dvostrani (cik-cak) raspored se upotrebljava kod ulice čija je širina veća od 10 metara. Visina montaže svetiljke (H) mora biti manja od širine ulice ($\check{S}$) tj. $\check{S}/H > 1$. Samo ispunjavanje ovog uslova će biti zadovoljena ravnomernost sjajnosti.

Centralni dvoredni raspored upotrebljava se kod ulica sa dva odvojena protivsmera. Pojedinačna širina svakog smera je 10 m sa nevoznim odvojenim delom od 2-6 metara. Svetiljke se nalaze na dvokrake stubove koji se montiraju na nevoznom delu puta.

Dvostrani nasuprotni raspored upotrebljava se kod ulica sa dva odvojena protiv smera čija je širina po 10 m i nevoznog dela širine manje od 2 m. Svetiljke su postavljene sa spoljne strane ulice tj. sa desne strane pojedinih voznih traka. Prednost ovakvog tipa

rasporeda svetiljki je u tome što je instalacija i održavanje lakše i neometano za normalan tok saobraćaja.(Bjelić i dr., 2007)

Pešački prelazi moraju u noćnim časovima biti osvetljeniji tako da vozačima za vreme vožnje pravovremeno ukažu na pešake koji prelaze put na označenom pešačkom prelazu. Pešačke prelaze nije potrebno posebno osvetliti ako javna rasveta zadovoljava uslove kao što su:

- srednja sjajnost puta u području od 50 metara ispred i iza pešačkog prelaza nije manja od 2cm/m^2 ,
- prelaz za pešake ne leži u zoni minimalne osvetljenosti,
- ulazna i izlazna mesta na prelazu budu dovoljno osvetljena (to su područja pločnika na udaljenosti 1 metar od prelaza).

Značajno bi bilo kada bi se boja svetlosti na pešačkom prelazu razlikovala od boje uličnog osvetljenja. Tako bi vozači već i iz daleka primetili pešački prelaz.

Proračun preseka kablova i vodova

Električni vodovi služe za provođenje električne energije. Električna energija koju provodimo može biti različitih napona, snaga ili frekvencija. U elektroenergetskim električnim instalacijama se izučavaju samo instalacioni vodovi nazivnog napona do 1kV.

Pod vodom podrazumevamo, osim voda, i sav pribor, naprave i uređaje koji služe za njegovo trajno nošenje ili polaganje.

Osnovni elementi voda su:

- provodnik
- izolacija provodnika
- zaštitni plast i ostali slojevi za zaštitu provodnika i izolacije od vlage, mehaničkih, toplotnih i hemijskih uticaja.
- pribor za spajanje, završavanje, nošenje te mehaničke i električne zaštite voda.

Provodnik je izrađen od bakra ili aluminijuma, a služi za provođenje električne energije. Za nadzemne mreže niskog a posebno visokog napona koriste se uglavnom goli provodnici od čelika ili kombinovana uzad Al-Fe (Alučelična užad). Danas se goli provodnici zamenjuju samonosivim kablovskim snopovima (SKS). Izolacija se nalazi oko provodnika, a kao izolacija se koristi: vazduh(kod vodova sa golim provodnicima), prirodna guma, sintetička guma, PVC masa (polivinilhlorid). Plašt provodnika štiti izolaciju od mehaničkih oštećenja, prodora vlage, hemijskih uticaja itd. Plašt se izrađuje od gume termoplastičnih masa, tekstila metala. Pribor za spajanje, završavanje, nošenje, mehaničku i električnu zaštitu voda je sledeći instalacioni materijal: stezaljke, instalacione cevi, instalacione kutije, uvodnice itd.

Presek kabla i voda postrojenja javne rasvete utvrđuje se(Bogićević i dr., 2007):

- proračunom dozvoljenog pada napona;
- proračun kabla na zagrevanje.

Svaki prijemnik izrađen je za određeni napon. Napon za koji je potrošač građen naziva se nazivni napon. Vrednost nazivnog napona se obavezno naznačava na potrošaču, npr. nazivni napon sijalica se označava na balonu ili grlu (3V, 12V, 24V, 110V, 220V); nazivni napon motora označava se na natpisnoj ploči (3x380, 3x220, 3x500, 3x600V). Takođe i svaki izvor ima svoj nazivni napon. Npr. nazivni napon NN mreže je 3x380/220V. Svi prijemnici u jednom složenom kolu ne mogu se napajati električnom energijom tačno određenog nazivnog napona. To je zbog toga što pri prolasku električne struje kroz provodnike, usled električnog otpora, javlja se i pad napona duž provodnika. Zbog pada napona u provodnicima dozvoljava se povećanje napona na krajevima izvora električne struje+5%, tako da je standardno napon izvora NN mreže 3x400/230V.

Pad napona na vodu se definiše kao razlika napona na početku voda (U_1) i napona na kraju voda (U_2) i iznosi(Bjelić, 2007):

$$u = \Delta U = U_1 - U_2 \quad (1)$$

Pad napona nastaje prolaskom struje kroz provodnik koji ima omski otpor R . Induktivni otpor provodnika malih preseka, a koji se koriste u električnim instalacijama je tako mali da se može zanemariti kod proračuna pada napona.

Pad napona za trofazni strujni krug računa se pomoću izraza(Milićević i dr., 2014):

$$u\% = \frac{100 \sum_{i=1}^{i=n} P_i l_i}{\gamma S U_l^2} \quad (2)$$

a za monofazni strujni krug:

$$u\% = \frac{200 \sum_{i=1}^{i=n} P_i l_i}{\gamma S U_f^2} \quad (3)$$

U niskonaponskim mrežama gde se koriste provodnici većeg preseka, induktivni otpor se ne može zanemariti (npr. na provodniku preseka 185mm^2 približno isti pad napona nastaje usled omskog i usled induktivnog otpora provodnika kod priključenog potrošača $\cos \varphi = 0.8$).

Pad napona za trofazni strujni krug računa se pomoću izraza:

$$u\% = \frac{100}{U_l^2} (r + x \tan \varphi) \sum_{i=1}^{i=n} P_i l_i \quad (4)$$

a za monofazni strujni krug:

$$u\% = \frac{200}{U_f^2} (r + x \tan \varphi) \sum_{i=1}^{i=n} P_i l_i \quad (5)$$

gde su:

U_l – Linijski napon, izražen u V,

U_f – Fazni napon, izražen u V,

P – Nazivna snaga jednog (ili više) izvora svetlosti na jednom stubu,

l – Udaljenost pojedinih instaliranih opterećenja od mesta pada napona,

r – Jedinični radni otpor voda po km daljine zavisi od preseka.

x – Jedinični induktivni otpor voda po km daljine.

S – Presek provodnika do potrošača (mm²)

γ - Specifična provodljivost materijala od kojeg je provodnik izrađen (za Cu=57Sm/mm² za Al=36Sm/mm²)

$\tan \varphi = 0.33$ (za kompenzirani sistem na $\cos \varphi = 0.8$).

Dozvoljeni pad napona u postrojenjima javne rasvete od niskonaponskih sabirnica u transformatorskoj stanici do zadnje svetiljke sme iznositi 6%. Treba voditi računa o padu napona u trenutku paljenja sijalica. Kontrola vrednosti pada napona se vrši pomoću izraza:

$$\Delta u_{st} = k \Delta u \quad (6)$$

gde je:

$\Delta u_{st} - P_{ad}$ napona u trenutku paljenja izvora svetlosti, izražen u %

$k = I_{st}/I_{tr}$ – Faktor koji zavisi od vrste izvora svetlosti.

Δu – Pad napona u trajnom pogonu, izražen u %

Dozvoljene vrednosti za Δu_{st} pojedinih izvora svetlosti su: $\leq 8\%$ - Natrijumove sijalice niskog napona, $\leq 12\%$ - Natrijumove sijalice visokog napona, $\leq 10\%$ - Fluorescentne sijalice.

Svetiljke koje se nalaze na razmaku od 30m kablom su spojene sa transformatorom u TS na fazni napon 231V, a nazivna snaga potrošača je 500W. Na osnovu podataka izračunava se presek provodnika po formuli :

$$S = \frac{200}{\gamma u\% U_f^2} \sum_{i=1}^{i=n} P_i l_i \quad - \text{ za monofazni} \quad (7)$$

$$S = \frac{100}{\gamma u \% U_l^2} \sum_{i=1}^{i=n} P_i l_i \quad - \text{ za trofazni} \quad (8)$$

Na primer, računa se:

$$S = \frac{200 * 3500 * 210}{57 * 6 * 231 * 231} = \frac{147000000}{18249462} = 8.05 \text{ mm}^2$$

Usvaja se prvi veći presek, a to će biti $S = 10 \text{ mm}^2$.

Struja koja protiče kroz provodnik naziva se struja opterećenja provodnika. Prolaskom kroz provodnik struja ga zagrejava, tj. u provodniku se razvija Džulova toplota. Ukoliko je struja kroz provodnik suviše jaka može zagrejati provodnik toliko jako da se počne topiti izolacija i biti uzrok požara. Goli provodnici se mogu zagrejati do 80 Co, a izolovani PVC masom 60-70 Co.

Ovaj proračun se vrši standardnim metodama, zavise od vrste kabla i vodova koji su primenjeni i od načina njihovog polaganja. Važna stvar kod proračuna kabla na zagrevanje je da struja kroz provodnik pri normalnom radu (I_n) mora biti manja od nazivne struje osigurača, a nazivna struja osigurača mora biti manja od trajno dopuštene struje provodnika. Dozvoljena struja je $k * I_n$ (k-faktor temperaturne korekcije je 1.24)

$$I_n < I_{n_{osig}} < I_d \quad (9)$$

Za izračunavanje jačine struje koja protiče kroz provodnik (monofazna $I_n = P/U * \cos \phi$, trofazna $I_n = P/1.73 * U * \cos \phi$).

U ovom slučaju biće:

$$I_n = \frac{P}{U * \cos \phi} = \frac{3500}{231} = 15.15 \text{ A}$$

$$I_d = 1.24 * 15.15 = 18.78 \text{ A}$$

Nominalna struja osigurača je $I_{nosig} = 16 \text{ A}$. Što znači da je uslova ispunjen.

$$I_n < I_{n_{osig}} < I_d ,$$

$$15.15 \text{ A} < 16 \text{ A} < 18.78 \text{ A} - \text{ ispunjen uslov}$$

Proračun zaštite od kratkog spoja

Za ispravnu i efikasnu zaštitu od kratkog spoja neophodno je da struja kratkog spoja iznosi:

$$I_k \geq k I_n \quad (10)$$

gde je:

I_k - Jednopolna struja k.s.

k- Faktor sigurnosti koji je :

≥ 1.25 za automatske sklopke sa elektromagnetskim prekidačem

≥ 2.5 za osigurače

I_n - Nominalna struja osigurača

Struja jednopolnog kratkog spoja je :

$$I_k = \frac{110}{\sqrt{l^2 r^2 + x^2}} \quad (11)$$

gde je :

l- Udaljenost strujnog kruga od izvora do mesta greške u km

r - Jedinični otpor voda u Ω/km

x - Jed.induk.otpor voda u Ω/km

Kontrola uspešnosti zaštite od k.s. u strujnim krugovima javne rasvete, zavisi od vrste preseka voda kao i udaljenosti strujnog kruga.

Ako je $r = 1.78 \Omega/\text{km}$ i $x = 0.085 \Omega/\text{km}$

I ako je $l = 1.45 \text{ km}$

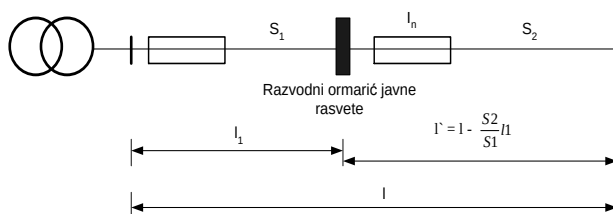
$$I_k = \frac{110}{\sqrt{1.45^2 \cdot 3.16 + 0.0072}} = 40.29$$

$$40.29 \text{ A} \geq 15.5 \text{ A} \cdot 2.5,$$

$$40.29 \text{ A} \geq 38.75 \text{ A} - \text{uslov ispunjen.}$$

Vrednost iz tablice prvenstveno važi pri napajanju strujnih krugova javne rasvete iz trafostanice ili iz ormara u njenoj neposrednoj blizini.

Slika 3. Ekvivalentna udaljenost strujnog kruga



Izvor: Rad autora

Kada se javna rasveta napaja iz razvodnog ormara udaljenog od transformatorske stanice potrebno je izračunati ekvivalentnu udaljenost tog strujnog kruga (slika 3) pomoću izraza (ilićević i dr., 2014)

$$l' = l - \frac{S_2}{S_1} l_1 \quad (12)$$

gde je:

l' - ekvivalentna udaljenost strujnog kruga razvoda javne rasvete (od ormarića do svetiljke) izražena u metrima.

l - udaljenost strujnog kruga kada je osigurač u transformatorskoj stanici, izražen u metrima.

l_1 - udaljenost napojnog voda od trafo stanice do ormara, izražena u metrima.

S_2 - presek voda strujnog kruga razvoda javne rasvet, izražen u mm²

S_1 - presek napojnog voda, izražen u mm²

Zaključak

Električne instalacije javne rasvete, uključujući i niskonaponsku mrežu, deo su elektrodistributivnog sistema u kom se najveći deo električne energije pretvara u drugi oblik energije. Na žalost, najveći deo nesreća od električne struje u kojima stradaju ljudi i materijalna dobra takođe su prouzrokovani u električnim instalacijama. Profesionalna lica koja rade u elektrodistributivnim preduzećima su svesni toga da električne instalacije moraju da budu bezbedne za rad osoblja (korisnika), opreme i same instalacije a to je danas moguće upotrebom novih instalacionih naprava i zaštitnih uređaja. (Ničković i dr., 2013) Sem bezbednosti veoma značajni su i ekonomski kriterijumi pod kojima rade instalacije javne rasvete

U ovom radu razmotreni su svi značajni parametri pri izboru električne mreže i instalacije javne rasvete počev od proračuna električne instalacije uređaja javne rasvete, koji se obzirom na koncepciju znatno razlikuje od proračuna klasičnih mreža i instalacija proračuna osvetljenja za zatvorene prostore. U otvorenom prostoru nema tavanice i zidova od kojih bi se reflektovali svetlosni zraci. Radna ravan otvorenog

prostora je ulica, trotoar, sportski teren, itd. Na nju dolazi svetlosni fluks direktno iz svetiljke koja sadrži novi tip svetlosnog izvora PLC elektronik. Zbog toga izvori svetlosti moraju biti dovoljno jaki da postignu dovoljnu vrednost osvetljenja. A isto tako instalacioni uređaji moraju biti izabrani u skladu sa dozvoljenim strujama, padovima napona, strujama kratkih spojeva i ekonomskim kriterijumima da bi javna rasveta dobro i bezbedno funkcionisala.

Literatura

1. Bjelić S., Vujčić M. Električno osvetljenje, Xerox, Čačak, 2001;
2. Bjelić S, Energetski pretvarači u mrežama i instalacijama, Sven, Niš, 2007.
3. Bjelić S., Bogićević Z., Marković N., Vujičić M, Magnetic Dissipation of Preconnecting Devices of Artificial Sources of Light, PES 3-5 Septembar 2007, Niš.
4. Bogićević Z., Marković N., Bjelić S., Vujičić M., Odsjaj svetlosnih izvora u okruženju ekrana kao vrednost koja ugrožava životnu sredinu, I okrugli sto sa međunarodnim učešćem-Zaštita, FTN Kosovska Mitrovica, 2007, str. 330-335.
5. Milićević V., Bjelić S., Marković N., Jakšić N., Simulacija prelaznih procesa u distributivnim mrežama srednjeg napona 10-35Kv, Bizinfo, vol. 5, br. 1, str. 83-93, 2014.
6. Murdoch J.B. Illumination Engineering, University of New Hampshire, Macmillan Publishing Company, New York, 1971.
7. Ničković J., Jevtić R., Ničković V., Jevtić D. Analiza rezultata električnog i magnetnog polja u blizini trafo stanice, Tehnika, vol. 68, br. 3, p. 497-501, 2013.
8. Seidh G. Electrical Installation Handbook, Siemens, Berlin, Munchen, London, Part 2, 2013.

CALCULATION OF LOW VOLTAGE INSTALLATION OF PUBLIC LIGHTING

Nikola Milenković³, Dejan Ristić⁴

Summary

Electrical installations in residential and industrial buildings, including low-voltage network, part of the electric power system in which most of the electrical energy is converted into other forms of energy. The great need today to offer a risk free electrical installation work (users), it is possible to achieve using the new installation and protection devices, as well as good electrical budget. This paper will focus on the basic aspects of public lighting, as well as the budget of low voltage networks, static calculation columns and foundations (mechanical budget), budget economy of public lighting installations. The important thing in designing public lighting is the selection of appropriate cross sections and adequate safeguards with respect to the contact with live parts dangerous to life and property.

Key words: *electrical installations, low voltage, public lighting, budget.*

Datum dolaska (Date received): 24.06.2017

Datum prihvatanja (Date accepted): 11.07.2017

³ Nikola Milenković Ph.D., School of Economics and Management Studies, Karađorđeva street no. 52, 34000 Kragujevac, Serbia, E-mail: milenkovicnick@gmail.com.

⁴ Dejan Ristić Ph.D., Epoha school of academy studies, Mileševska street no. 40a, 11000 Belgrade, Serbia, E-mail: dejan.ristic@gmail.com