

Određivanje optimalne vrednosti napona na izlazu stabilizatora u električnoj mreži javne rasvete

Slobodan Bjelić, Zorica Bogičević, Nenad Marković

Sadržaj — U radu je prikazan postupak određivanja tehnički i ekonomski opravdane vrednosti napona na izlazu stabilizatora podešavanjem dozvoljenih odstupanja napona na krajevima svetlosnih izvora u odnosu na minimalne godišnje gubitke. Dobijeni izrazi su dovoljni za određivanje napona na izlazu stabilizatora u zavisnosti od parametara mreže i snage opterećenja.

Ključne reči — Stabilizator, javna rasveta, pad napona.

I. UVOD

Za regulaciju napona u električnoj mreži javne rasvete koristi se metod centralizovane regulacije. Međutim na ovaj način nije uvek moguće dobiti dozvoljena naponska odstupanja na krajevima svih prijemnika pa je zato praktičniji metod lokalne regulacije u odnosu na zadati grafik opterećenja (koji se u načelu razlikuje od grafika opterećenja kontura). U ovakve prijemnike spadaju uglavnom grupe izvora svetlosti, čija su dozvoljena naponska odstupanja znatno manja u odnosu na snažnije prijemnike.

Da bi se u takvim slučajevima dobila dozvoljena naponska odstupanja na krajevima svih svetlosnih izvora neophodno je da se na izlazu uređaja za stabilizaciju održava određena vrednost napona koja zavisi od napona na ulazu parametara mreže.

Jedan od principa regulacije sadržan je u pravilu da se ograniči vrednost napona kod svetlosnih izvora na $(97.5-105)\%U_n$. Međutim ovakva ustanovljena vrednost napona na izlazu stabilizatora nije dovoljna pošto se na ovaj način ne određuje količinski opravdana vrednost napona.

Ekonomski celishodna vrednost napona na izlazu stabilizatora biće samo u slučaju kada je nivo napona na krajevima svetlosnih izvora takav da godišnji gubici u mreži javne rasvete budu minimalni pošto parametri sijalice jako zavise od napona na krajevima.

Ovaj uslov je drugi činioc regulacije. Vrednost napona na izlazu stabilizatora mora biti takva da garantuje

S. Bjelić, Elektrotehnički fakultet u Kosovskoj Mitrovici, Kneza Miloša 7, 38220 Kosovska Mitrovica, Srbija; (telefon: 381-63-8822492; faks: 381-18-223383; e-mail: slobodan_bjelic@yahoo.com).

Z. Bogičević, NLB Kasabank, Oslobođenja bb, 38220 Kosovska Mitrovica, Srbija (telefon: 381-63-8167793; faks 381-28-31724; e-mail: zrbogic@gmail.com).

N. Marković, Visoka tehnička škola strukovnih studija Uroševac sa privremenim sedištem u Zvečan, Branislava Nušića 6, 38227 Zvečan, Srbija (telefon: 381-63-1898000; faks: 381-28-421624; e-mail: nen.mark@sezampro.yu).

normalan napon na krajevima prijemnika i jednovremeno omogućuje štednju električne energije.

Naponska odstupanja u pojedinim svetlosnim izvorima duž trase električne mreže se menjaju ali se moraju nalaziti u granicama +5% do -2.5%. Ovakve granice dovode do izmene potrebne snage, trajanja rada sijalice i osvetljenosti pojedinih mesta. Može se dogoditi da su pojedina mesta više a neka manje osvetljena.

Cena energije koja je potrebna svetlosnom uređaju zavisi od snage uređaja (izvor, predspojna naprava itd.) i vrednosti naponskog odstupanja. Snaga P , potrebna svetlosnim izvorima u mreži javne rasvete pri zadatoj

relativnoj vrednosti naponskog odstupanja $V = \frac{U - U_n}{U_n}$

zavisna je od snage potrebne izvoru pri nominalnom naponu na njegovim krajevima (p_{oi}) i koeficijenta $k_p \approx 1.5$.

$$P = p_{oi}(1 + k_p V)$$

Gubici snage u mreži mogu se odrediti kao proizvod ($p_{oi}V$) pa je puna snaga uređaja:

$$p_{oi} [1 + (k_p + 1)V]$$

Pri tarifi (b) u (EUR/kwh) godišnji gubici energije biće:

$$p_{oi} b \tau [1 + (k_p + 1)V] \quad (1)$$

Cena godišnjih gubitaka na zamenu izvora javne rasvete pri naponima koji se razlikuju od nominalne vrednosti mogu se odrediti kao:

$$\Gamma = \left[\frac{\tau}{T_n} (1 + V)^\beta \right] p_{oi} k \approx \left\{ \frac{1}{T_n} \left[1 + \beta V + \frac{\beta(\beta-1)}{2} V^2 \right] \right\} p_{oi} k \quad (2)$$

T_n - nominalno trajanje pada svetlosnog izvora,

τ - broj časova rada pri odstupanju napona V ,

β - eksponentni pokazatelj koji zavisi od tipa izvora,

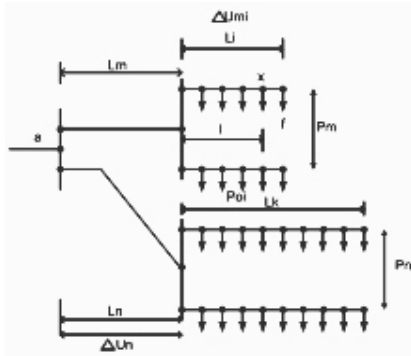
p_{oi} - snaga sijalice (kw),

k - cena sijalice snage 1 kw i cena njene zamene.

Ukupni godišnji gubici za svetlosni izvor snage (p_{oi}) pri naponskim odstupanjima V na njegovim krajevima mogu se predstaviti sa:

$$\Gamma = p_{oi} \tau [1 + (k_p + 1)V] = \left\{ \frac{\tau}{T_n} \left[1 + \beta V + \frac{\beta(\beta-1)}{2} V^2 \right] \right\} p_{oi} k \quad (3)$$

Minimalne vrednosti godišnjih gubitaka biće na određenoj vrednosti napona na izlazu uređaja.



Sl. 1. Primer šeme razgranate mreže javne rasvete.

σ - specifična električna provodnost,
 s - presjek provodnika.

Za opis postupka određivanja naponskih odstupanja na izlazu uređaja izabran je primer mreže sa sl. 1.

Prvi korak je sastavljanje jednačina pomoću kojih se određuje šteta nanosena električnoj mreži zbog napona koji se razlikuju od nominalnih. Drugi korak je određivanje naponskih odstupanja u tački (x) i -tog voda:

$$V = V_{iz} - \Delta U_{ax} \quad (4)$$

U_{ax} - pad napona od stabilizatora do tačke (x) .

Pad napona od tačke (a) do (x) može se predstaviti i zbirom:

$$\Delta U_{ax} = \Delta U_{ad} + \Delta U_{dx} + \Delta U_{dx} \quad (5)$$

ΔU_{da} - pad napona na delu (ad) ,

L_{df} - dužina voda,

$$\Delta U_{ad} = \frac{P_{oi} L_{df} L_{ad}}{\sigma U_n S}$$

ΔU_{dx} - pad napona na delu (dx) ,

$$\Delta U_{dx} = \frac{P_{oi} (L_{df} - l) l}{\sigma U_n S}$$

$\Delta U'_{dx}$ - pad napona od tačke (d) do (x) , uslovljen ravnomernom raspodelom opterećenja samo po ovom delu:

$$\Delta U'_{dx} = \int \frac{P_{oi} l}{\sigma U_n S} dl = \frac{P_{oi}}{\sigma U_n S} \frac{l^2}{2}$$

Zamenom vrednosti odgovarajućeg pada napona u izrazu (5), u opštem slučaju se dobija:

$$\Delta U_{ax} = \frac{P_{oi}}{\sigma U_n S} \left[L_{df} L_{ad} + (L_{df} - l) l + \frac{l^2}{2} \right] \quad (6)$$

za i -ti vod vrednosti napona ΔU_{xi} , izražena u (%), može se zapisti u obliku:

$$\Delta U_{xi} = \frac{P_{oi} 100}{\sigma U_n^2 S} \left[L_i L_m + (L_i - l_i) l_i + \frac{l_i^2}{2} \right]$$

ako se označi:

$$\beta_i = \frac{P_{oi} 100}{\sigma U_n^2 S}$$

konačno se dobija:

$$\Delta U_{xi} = \beta_i \left[L_i L_m + (L_i - l_i) l_i + \frac{l_i^2}{2} \right] \quad (7)$$

Gubici na prijemniku za vreme (T) priključenom na vod (i) u tački x , koristeći izraze (3) i (4) mogu se odrediti:

$$\Gamma_{xi} = \int_{t_0}^{t_0+T} \left\{ p_{oi} b \tau \left[1 + (k_p + 1) (V_{iz} - \Delta U_{xi}) \right] + \frac{\tau}{T_n} \left[1 + \beta (V_{iz} - \Delta U_{xi}) + \frac{\beta(\beta-1)}{2} (V_{iz} - \Delta U_{xi})^2 \right] \right\} dt$$

Prijemnici, uključeni na električnu mrežu u toku razmatranog vremena imaju gubitke:

$$\Gamma_m = \sum \left\{ \int_0^{l_i} dl_i \int_{t_0}^{t_0+T} p_{oi} b \tau \left[1 + (k_p + 1) (V_{iz} - \Delta U_{xi}) \right] + \frac{\tau}{T_m} \left[1 + \beta (V_{iz} - \Delta U_{xi}) + \frac{\beta(\beta-1)}{2} (V_{iz} - \Delta U_{xi})^2 \right] p_{oi} k \right\} dt$$

m - broj radialnih vodova koji se napajaju iz mreže L_m .

Svi prijemnici koji dobijaju snagu iz stabilizatora napona u toku razmatranog vremena imaju gubitke:

$$\Gamma = \sum \sum \left\{ \int_0^{l_i} dl_i \int_{t_0}^{t_0+T} p_{oi} b \tau \left[1 + (k_p + 1) (V_{iz} - \Delta U_{xi}) \right] + \frac{\tau}{T_n} \left[1 + \beta (V_{iz} - \Delta U_{xi}) + \frac{\beta(\beta-1)}{2} (V_{iz} - \Delta U_{xi})^2 \right] p_{oi} k \right\} dt$$

Izmenom redosleda integriranja i unošenja znaka zbira u integral dobija se:

$$\Gamma = \int_{t_0}^{t_0+T} dt \left\{ \sum_m \sum_n \int_0^{l_i} \left\{ p_{oi} b \tau \left[1 + (k_p + 1) (V_{iz} - \Delta U_{xi}) \right] + \frac{\tau}{T_m} \left[1 + \beta (V_{iz} - \Delta U_{xi}) + \frac{\beta(\beta-1)}{2} (V_{iz} - \Delta U_{xi})^2 \right] p_{oi} k \right\} dt \right\} \quad (8)$$

Iz uslova nalaženja minimuma:

$$\frac{\partial}{\partial (V_{iz})} \left\{ \sum_m \sum_n \int_0^{l_i} \left\{ p_{oi} b \tau \left[1 + (k_p + 1) (V_{iz} - \Delta U_{xi}) \right] + \frac{\tau}{T_m} \left[1 + \beta (V_{iz} - \Delta U_{xi}) + \frac{\beta(\beta-1)}{2} (V_{iz} - \Delta U_{xi})^2 \right] p_{oi} k \right\} dt \right\}$$

odakle:

$$V_{iz} = \frac{\frac{\tau}{T_n} \beta k \left[\sum_m P_m (\beta - 1) \left(\Delta U_m + \frac{2}{3} \Delta U_{mi} \right) - 1 \right]}{\frac{\tau}{T_n} \beta (\beta - 1) k \sum_n P_n + b \tau (k_p - 1) \sum_n P_n - \frac{\tau}{T_n} \beta (\beta - 1) k \sum_n P_n} \quad (9)$$

ΔU_m - maksimalni pad napona na m -tom vodu,

$$\Delta U_m = \beta_i L_i L_m$$

ΔU_{mi} - maksimalni pad napona na i -tomvodu, napajano iz m -tog voda.

$$\Delta U_{mi} = \beta_i \frac{L_i}{2}$$

P_m - ukupna snaga svetlosnih izvora napajanih iz voda (m) jednaka je:

$$P_m = \sum P_{oi} L_i$$

Potrebna vrednost napona na izlazu stabilizatora bira se između dozvoljenih graničnih vrednosti na krajevima svetlosnih izvora a po kriterijumu minimalnih godišnjih gubitaka, koja se imaju za ta odstupanja napona.

Zato se prvo mora odrediti minimalno i maksimalno odstupanje napona na izlazu stabilizatora po uslovu da odstupanje napona na krajevima sijalica bude u granicama (5%-2.5%).

Maksimalno moguće odstupanje napona na izlazu stabilizatora zavisi od odstupanja napona na sijalici $V_{iz}=+5\%$ i minimalni pad napona u mreži ΔU_{mmin} se može odrediti iz izraza:

$$V_{max} = +5\% + \Delta U_{mmin}$$

Minimalno moguće odstupanje napona na izlazu iz stabilizatora zavisi od minimalno dozvoljenog odstupanja napona na krajevima sijalica i maksimalne vrednosti pada napona od stabilizatora do najudaljenije sijalice je:

$$\Delta U_{max} = \Delta U_m + \Delta U_{mi},$$

i može se odrediti po:

$$V_{min} = \Delta U_{max} - 2.5\%$$

II. ZAKLJUČAK

Prema formuli (9) određuju se vrednosti napona na izlazu stabilizatora (V_{iz}) polazeći od minimalnih godišnjih gubitaka. Ako je ova vrednost $V_{min} < V_{iz} < V_{max}$, ona je istovremeno ekonomski opravdana. Ako je $V_{iz} > V_{max}$ opravdana vrednost, prema kriterijumu dozvoljenih odstupanja napona je V_{max} . Ako je $V_{iz} < V_{min}$ jedina opravdana vrednost je V_{min} .

Primer: Odrediti celishodnu vrednost napona na izlazu stabilizatora napona u električnoj mreži javne rasvete sl. 2. Padovi napona na mreži upisani su na slici. Broj časova rada sijalice je $\tau = 4200$ h a nominalno trajanje sijalice $T = 1000$ h. Cena sijalice po jedinici snage (1 kw), cena zamene ($k = 0.87$ E/kW), koeficijent $k_p = 1.5$, $\beta = 14$, cena gubitaka električne energije $b = 0.01$ E/kW.

Iz šeme sledi da je minimalni pad napona u mreži: $\Delta U_{min} = \Delta U_3 = 0.5\%$, pa maksimalno dozvoljeno naponsko odstupanje na izlazu regulatora napona može da bude:

$$V_{max} = 5\% + 0.5\% = 5.5\%$$

Maksimalna vrednost pada napona od regulatora napona do najudaljenije sijalice, prema sl. 2 je:

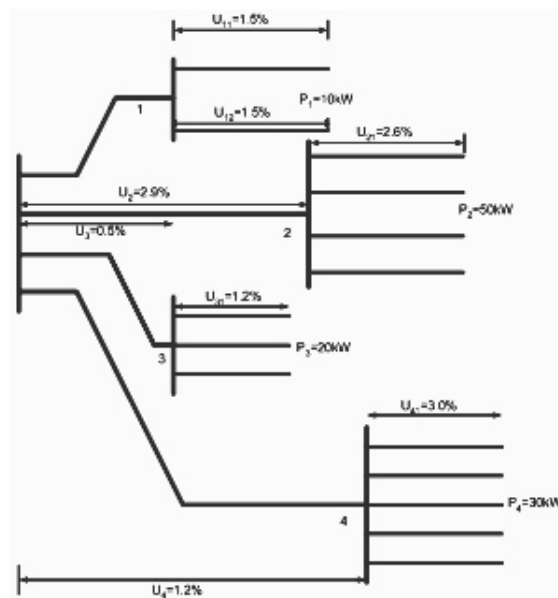
$$\Delta U_{max} = \Delta U_2 + \Delta U_{21} = 2.9\% + 2.6\% = 5.5\%$$

pa je minimalno moguće odstupanje napona na izlazu:

$$V_{min} = 5.5\% - 2.5\% = 3\%$$

Koristeći formulu (9) može se odrediti ekonomski opravdana vrednost napona:

$$V_{max} = 3.33\%$$



Sl. 2. Šema mreže.

Pošto je $3\% < 3.33\% < 5.5\%$, na izlazu uređaja za regulaciju napona mora se podesiti vrednost napona za 3.33% višeg od nominalnog. Pri takvom naponu odstupanja na krajevima svih svetlosnih izvora neće preći dozvoljene vrednosti i izazvaće minimalne gubitke.

LITERATURA

- [1] S. Bjelić, M. Vujičić: "Električno osvetljenje", Xerox, Čačak, Srbija, 2001, no. 1-101, ISBN 8679670103.
- [2] Joseph B. Murdoch: "Illumination Engineering", University of New Hampshire, Macmillan Publishing Company, New York 1997, ISBN 002949250-5.
- [3] G. Seidh: "Electrical Installation Handbook", Siemens, Berlin, Munchen, London, Part 2, ISBN 3800914760 (SIEMENS AG).
- [4] S. Bjelić, Z. Bogičević, N. Marković, M. Vujičić: "Magnetic Dissipation of Preconnecting Devices of Artificial Sources of Light", PES 3-5 Septembar 2007, Niš.
- [5] Z. Bogičević, N. Marković, S. Bjelić, M. Vujičić: "Odsjaj svetlosnih izvora u okruženju ekrana kao vrednost koja ugrožava životnu sredinu", I okrugli sto sa međunarodnim učešćem-Zaštita životne sredine u industrijskim područjima, ISBN 978-86-80839-13-6, COBISS.SR-ID 139391756, str. 330-335 FTN Kosovska Mitrovića, 2007.
- [6] S. Bjelić: "Energetski pretvarači u mrežama i instalacijama", Sven, Niš, 2007, ISBN 978-86-909183-1-7, str. 66-83.
- [7] S. Bjelić: "Uvod u (SN) mreže i (NN) instalacije", Sven, Niš, 2007.
- [8] M. Vujičić: doktorska disertacija "Nove mogućnosti optimizacije parametara i koeficijentata električne mreže", Tehnički fakultet, Čačak.

DETERMINATION OF OPTIMAL POWER VALUE ON THE EXIT PART OF STABILIZATOR IN ELECTRICAL NETWORK FOR PUBLIC ENLIGHTENING

Slobodan Bjelic, Zorica Bogicevic, Nenad Markovic

Abstract — The Paper is presenting procedure for technical and economical justification of tension on the exit part of stabilizer by adjustment of allowable evasion at the end of light sources comparing to minimal annual losses. Attained results are enough for determination of tension at the end of stabilizer dependent on network parameter and power ballast.