

energija

■ ekonomija ■ ekologija

ENERGETIKA 2015

ISSN br. 0354-8651

e2

List Saveza energetičara
Broj 3-4 / Godina XVII / Mart 2015.
UDC 620.9



ENERGETIKA 2015.

XXXI međunarodno savetovanje



ENERGETIKA 2015.

Pokrovitelji savetovanja

Ministarstvo rudarstva i energetike,
Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja,
Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine,
Ministarstvo privrede
PKS, JP EPS, NIS a. d., JP EMS, JP Srbijagas



SAVEZ ENERGETIČARA

Adresa: 11000 Beograd, Dečanska 5

Telefon: + 381 11 32 26 007

E-mail:savezenergeticara@eunet.rs

www.savezenergeticara.org.rs

ZBORNIK RADOVA

Zlatibor, 24.03. - 27.03.2015

Savez energetičara

ekonomija ekologija

Energija/Ekonomija/Ekologija

Broj 3-4, mart 2015.

Osnivač i izdavač
Savez energetičara

Predsednik SE
Prof. dr Nikola Rajaković

Sekretar SE
Nada Negovanović

Glavni i odgovorni urednik
Prof. dr Nenad Đajić

Adresa Redakcije
Savez energetičara
11000 Beograd
Đečanska 5
tel. 011/322-6007

E-mail: savezenergeticara@EUnet.rs
www.savezenergeticara.org.rs

Komputerski prelom EKOMARK
Dragoslav Ješić

Štampa
„Akademска изданја“,
Beograd

Godišnja pretplata
- 10.000,00 dinara
- za inostranstvo 20.000,00
dinara

Tekući račun SE
broj 355-1006850-61

Radovi su recenzirani uz
tehničku obradu.
Nijedan deo ove publikacije
ne može biti reproducovan,
presimavan ili prenošen bez
prethodne saglasnosti Izdavača.

IZDAVAČKI SAVET

Alaksandar Antić,
ministar rударства и energetike
dr Srđan Verbić, ministar
prosvete, nauke i tehnološkog
razvoja

Željko Sertić, ministar privrede
Prof. dr Snežana

Bogosavljević - Bošković,
ministar poljoprivrede i zaštite
životne sredine

Prof. dr Branko Kovačević,
dekan ETF

Prof. dr Aleksandar Gajić,
Mašinski fakultet Beograd

Prof. dr Slobodan Stupar,
pomoćnik ministra

Prof. dr Zoran Rajić, državni
sekretar

Dušan Mrakić, ministrastvo
rudarstva i energetike

Ljubo Mačić, dir. Agencije za
energetiku Srbije

Dragan Jovanović, izv. dir.
EPS

dr Kiril Kravčenko, gen.dir.
NIS ad

Aleksandar Obradović,
direktor JP EPS

Aleksej Belov, dir. Bloka
„Energetika“ NIS

Čedomir Ponočko, dir.
TENT, d.o.o.

Nikola Petrović, gen.dir.
JP EMS

dr Aca Marković, JP EPS

Dušan Bajatović, dir.

JP Srbijagas

Milorad Grčić, dir.

RB Kolubara d.o.o.

Goran Knežević, dir. HE
Đerdap, d.o.o.

Slobodanka Krčevinac,

dir. EDB

Goran Horvat, dir. TE-KO
Kolubara

mr Bogdan Laban, dir.
Elektrovojvodina, d.o.o.

Tomislav Basta, v.d. dir. JP
Transnafta

Srđan Đurović, dir.

Elektrosrbija, d.o.o.

Aleksandar Vlajčić, dir.

Obnovljivi izvori EPS

dr Miroslav Malobabić, dir.

JP Srbijagas

Darko Bulatović, dir.

„Jugostok“ d.o.o.

Sanja Tucaković, dir.

„Centar“, d.o.o.

Dobrosav Arsović, dir.

JKP Novosadska toplana

Zoran Ivančević, dir.

Panonske TE-TO

Vuk Hamović, EFT Group

dr Nenad Popović,

ABS Holding

dr Dragan Kovačević, dir.

Elektrotehnički institut

„Nikola Tesla“

Prof. dr Sanja Vraneš, dir.

Instituta „Mihajlo Pupin“

Borislav Grubor, Instituta za

nuklearne nauke „Vinča“

Prof. dr Milorad Milovančević,

dekan Mašinskog fakulteta

u Beogradu

Prof. dr Dejan Filipović, dekan

Geografskog fakulteta

Prof. dr Šćepan Miljanić, dekan

Fakulteta za fizičku hemiju

Prof. dr Rade Dobroslavački,

dekan Fakulteta tehničkih

nauka u NS

Prof. dr Ivan Obradović, dekan
Rudarsko-geološkog fakulteta
u Beogradu

Prof. dr Jeroslav Živanović,
dekan Tehnički fakultet u
Čačku

Prof. dr Milun Babić, Fakultet
inženjerskih nauka u
Kragujevcu

Dejan Popović, N.O. EPS
Slobodan Babić, Rudnap
Group

Dr Vladimir Živanović, SE

REDAKCIIONI ODBOR

Prof. dr Ozren Ocić
Slobodan Petrović, sekretar
Odbora za energetiku PKS

Radiša Kostić, dir.
Elektroistok-izgradnja

dr Tomislav Simović, dir.
Montinvest ad

Milorad Marković, predsednik
HK Minel

Milan Lončarević, NIS a. d.

Prof. dr Petar Đukić, TMF

Dragan Nedeljković, novinar

Dr Branislava Lepotić, dir.
JP Transnafta

Jelena Vujović, dir. za odnose
s javnošću EPS

Roman Mulić, SE

Simo Bobić, PK Beograda

Nikola Petrović, dir. Energetika
Kragujevac

Ružica Vranjković, novinar

Jelica Putniković, novinar

energija

ekonomija ekologija

en
er
gy

ORGANIZACIONO - PROGRAMSKI ODBOR

Predsednik: Prof.dr Milun Babić, Mašinski fakultet u Kragujevcu
Sekretar: Nada Negovanović, sekretar Saveza energetičara

Članovi:

Prof.dr Беляков Алексей Васильевич, Научно-исследовательский институт» ОАО «ВТИ») – Российская Федерация
Dr Matthias Jochem Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH, Nemačka
Dr Jean Rizzon, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH
Dr Patrick Weckes, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH
Prof. dr Miloš Nedeljković, Mašinski fakultet Beograd
Prof. dr Adriana Sida Manea, Politehnica-Universitet of Temisoara, Romania
dr Ivan Souček, Ph. D., Prague Institute of Chemical Technology, Czech Republic
Prof.dr Zoran Rajić, državni sekretar
Prof.dr Slobodan Stupar, pomoćnik ministra
Prof. dr Miloš Banjac, pomoćnik ministra
Prof.dr Branko Kovačević, dekan ETF u Beograd
Prof.dr Aleksandar Gajić, Mašinski fakultet Beograd
Prof.dr Dečan Ivanović, Mašinski fakultet Podgorica
Prof.dr Zdravko N.Milovanović, Mašinski fakultet Banja Luka
Prof.dr Valentino Stojkovski, Mašinski fakultet Skopje
Prof.dr Predrag Popovski, Mašinski fakultet Skopje
Prof.dr Aleksandar Nospal, Mašinski fakultet Skopje
dr Igor Krčmar, Elektrotehnički fakultet Banja Luka
Prof.dr Rade Biočanin, Univerzitet Aperion Banja Luka
dr Tatjana Luppova, Rusija
dr. D. Seibt, Vattenfall - Nemačka
Prof.dr Nikolaj Ostrovski, Ukrajina
Mihail Cvetkov, Silovije mašini, Rusija
Prof. Daniela Marasova,CSc.Techical university of Kosice
Faculty of Mining, Ecology
Prof.dr Dejan Filipović, dekan Geografskog fakulteta
Prof.dr Jeroslav Živanić, dekan Tehničkog fakulteta u Čačku
Prof.dr Slobodan Vukosavić, Elektrotehnički fakultet Beograd
Prof.dr Milan Medarević, dekan Šumarskog fakulteta u Beogradu
Dr Radoslav Raković, Energoprojekt-Entel a.d.
Prof.dr Mirko Komatina, Mašinski fakultet u Beogradu
Ljubo Mačić, Predsednik Agencije za energetiku Srbije
Prof. dr Gordana Dražić, dekan Fakulteta za primenjenu ekologiju - Futura
Prof.dr Ozren Ocić, Faculty of International Engineering Management
dr Tomislav Simović, član UO SE
Dr Miodrag Arsić, IMS Beograd
Prof.dr Željko Despotović, IMP
dr Miroslav N.Malobabić, izvršni direktor JP Srbijagas
Prof.dr Nenad Đajić, glavni i odgovorni urednik časopisa ENERGIJA
Prof.dr Vladimir Živanović, Savez energetičara

energija

ekonomija ekologija

Sadržaj

- [007] R. Karkalić, D. Sarić, Ž. Senić, R. Pajić, Đ. Kričak
Određivanje otpornosti materijala odevnih sredstava vojnika na delovanje goruće napalm smeše
- [015] S. Dokić, J. Mikulović, I. Babić
Solarni paneli u funkciji "off – grid" napajanja gasnih objekata
- [022] D. Obradović
Unapređenje zaštite životne sredine, pouzdanosti i ušteda korišćenjem savremenih materijala i uređaja
- [027] V. Đukić, B. Đukić, S. Suza
Energetska efikasnost u funkciji zaštite životne sredine
- [033] I. Škокљев, D. Šošić, M. Apostolović
Tumačenje propusnosti električne prenosne mreže za trgovачke transakcije
- [039] M. Obradović, D. Jovanović
Primena mobilnog razvodnog postrojenja 35 kV i 10 kV na konzumnom području PD "Elektrodistribucija-Beograd"
- [043] G. Đukić, A. Čukarić
Detekcija kvara energetskog transformatora zasnovana na M-robusnoj estimaciji i analizi zvučnih signala
- [055] G. Đukić, M. Zindović
New M-Robust Algorithm for Detection of One-Phase Fault with Electrical Arc on Overhead Line in Time Domain
- [066] A. Todorovic
Testing of Load Assymmetry Transfer from the Secondary to the Primary of Power Transformer
- [074] A. Todorovic, M. Janackovic
Determination Ampere Hour and Watt Hour of Utilization Technological Process of Forming Negative Electrode Nickel-Cadmium Electrochemical System
- [084] M. Ristić, Z. Novaković, I. Jagodić, Zd. Ristić
Pametne mreže i pouzdanost sistema
- [095] N. Radovanović, Đ. Tanasković
Adaptacija NN voda za rad kao SN vod zamenom golih provodnika sa slaboizolovanim provodnicima
- [101] A. Stojadinović, A. Savić, P. Stefanov
Primena PSO algoritma za rešavanje problema optimalnih tokova snaga sa više kriterijumske funkcije
- [107] M. Jannat, A. Savić
Proračun optimalnih tokova snaga primenom genetičkog algoritma
- [112] A. Aleksić, D. Gordić, M. Babić, V. Šušteršić
Mogućnost uštede električne energije za potrebe osvetljenja u proizvodnom objektu korišćenjem LED umesto fluorescentnih cevi
- [117] M. Marković, M. Arsenović
Analiza potrošnje električne energije ruralnog konzuma, sa posebnim osvrtom na tarifne stavove i dane praznika
- [123] V. Vujičić, Z. Mitrović, S. Galić, V. Kulpinski
Sistem za detekciju i merenje neregistrovane potrošnje električne energije – iskustva iz primene

energija ekonomija ekologija

- [129] J. Krstivojević, M. Đurić
Primena digitalne fazne komparacije u diferencijalnoj zaštiti energetskog transformatora
- [136] S. Spremić
Određivanje sadržaja vode u papiru iz relativnog zasićenja – rezultati za transformatore 35/x Kv
- [142] D. Mojić, S. Vuković, D. Ilić
Specifičnost pojave ferorezonanse
- [147] S. Đurović, V. Ostračanin
Načini i metode za praćenje stanja metaloksidnih odvodnika prenapona
- [152] V. Šušteršić, M. Babić, S. Savić, D. Gordić, J. Glišović
Podizanje energetske efikasnosti u postrojenjima za tretman otpadnih voda primenom kogeneracije
- [159] M. Jevtić N. Stojnić
Mogućnost primene impulsne elektrohidrodinamike u čišćenju drenova bunara za vodu
- [166] R. Biočanin, T. Milešević, M. Imamović, S. Ketić
Obnovljivi izvori energije u strategiji održivog razvoja
- [176] S. Ilić, M. Stevanović, B. Branković, N. Nešić
Obnovljivi izvori energije kao potencijalna oblast za ulaganje po modelu JPP u Republici Srbiji
- [180] J. Klinko
Neki ograničavajući faktori u široj primeni obnovljivih izvora energije
- [187] Z. Veličković, M. Divković, M. Vuruna, Z. Bajić, R. Karkalić, Lj. Gigović
Brza analiza rizika korišćenjem razvijenih softverskih paketa za simulaciju hemijskih akcidenata
- [192] N. Ivanković, V. Kujović, M. Vuruna, Z. Veličković, R. Karkalić
Utvrđivanje stanja zemljišta u funkciji zaštite ekološkog prostora vojnog poligona „Pasuljanske livade“
- [197] N. Jurišević, V. Šušteršić, D. Gordić, M. Babić, N. Rakić, S. Savić, D. Canović
Analiza i monitoring kvaliteta vazduha merne zone Srbija u toku kalendarske 2013.
- [205] R. Stamatović, A. Car
Analiza performansi krovne fotonaponske elektrane
- [210] S. Ilić, M. Delić, D. Ćatić
Analiza uzroka pada performansi FN solarnog sistema korišćenjem FTA metode
- [218] T. Milanov
Prilog oblikovanju prenosnih mreža 400 kV, 220 kV i 110 kV u elektroenergetskom sistemu Srbije i mreža ultravisokog napona Jugoistočne Evrope
- [227] B. Nikolić
Javno – privatno partnerstvo u energetici SAD i aktuelni trenutek domaće elektroprivrede
- [237] L. Radoja
Smanjenje potrošnje energije u zemljoradnji
- [241] S. Ćurčić, S. Vučićević, D. Jović
Raspoloživi energetski potencijali od drvne i biljne biomase sa teritorije Opštine Bajina Bašta
- [248] Š. M. Bajmak
Analiza energetske efikasnosti kompleksnih i kombinovanih sistema snabdevanja toplotnom i rashladnom energijom
- [257] N. Petrović, Č. Mitrović, G. Vorotović
Karakterizacija primarnih otpora vjetroturbine sa aspekta integracije empirijskih podataka u direktna analitička rešenja
- [262] S. Savić, M. Babić, V. Šušteršić, D. Gordić, D. Vojinović
Primena kogeneracije u industriji piva u cilju podizanja energetske efikasnosti

energija

ekonomija ekologija

- [270] G. Kokeza
Doprinos racionalizacije korišćenja energije unapređenju tehno-ekonomskih pokazatelja poslovanja
- [276] P. Mišljen, M. Matijević, Ž. Despotović
Energetski efikasno upravljanje vibracionim dozatorom: eksperimentalna verifikacija
- [282] V. Šinik, Ž. Despotović
Zračenje elektromagnetskih polja vrlo niskih frekvencija i njihov uticaj na okolinu
- [289] Ž. Despotović, S. N. Vukosavić, N. Lepojević, D. Mihić
Termička karakterizacija VNVF energetskog pretvarača 100kV/1A za napajanje elektrostatičkih izdvajača
- [297] S. Ilić, B. Matić, D. Bogojević
Evropska investiciona banka i finansiranje infrastrukture u Republici Srbiji
- [301] S. Ilić, B. Đorđević
Koncesije kao oblik investiranja u energetski sektor Srbije
- [307] A. Radonjić, M. Paunović, I. Trandafilović
Uloga marketing menadžmenta u energetskom sektoru
- [312] G. Bošković, S. Jovanović, N. Jovičić, Z. Đorđević, A. Milovanović
Energetski aspekti sistema upravljanja komunalnim otpadom – slučaj grada Kragujevca
- [31925] D. Canović, N. Jovičić, M. Popović, M. Josijević, N. Rakić, N. Jurišević, M. Babić
Istraživanje tehno-ekonomskih preduslova, mogućnosti i opravdanosti za iskorišćenje deponijskog gasa sa deponije komunalnog otpada u Kragujevcu
- [327] M. Josijević, M. Milojević, G. Bošković, D. Canović, M. Babić
Efikasnost uvođenja kogeneracijskih postrojenja u toplane Republike Srbije na primeru kotlarnice „Erdoglija-Kragujevac“
- [334] K. Đonović, B. Proković, L. Anić, M. J. Babić
Savremeni koncept uklanjanja masti i ulja iz otpadnih voda u prehrambenoj industriji i razvoj domaćeg separatora
- [341] M. Josijević, N. Andrić, D. Canović, N. Rakić, D. Gordić
Energetska efikasnost sistema za grejanje sanitarne vode sa solarnim kolektorima na objektima Kliničko bolničkog centra u Kragujevcu
- [348] G. Bošković, N. Jovičić, M. Josijević, M. Milašinović, S. Jovanović, M. Babić
Mogućnosti iskorišćenja deponijskog gasa sa deponije komunalnog otpada u Kragujevcu
- [356] V. Kovačević, G. Tomić
Zavisnost kompleksnih koeficijenata osetljivosti od mernog instrumenta, položaja ugaone podele i mesta na kom je postavljena refleksiona traka

Mogućnost uštede električne energije za potrebe osvetljenja u proizvodnom objektu korišćenjem LED umesto fluorescentnih cevi

APSTRAKT

Ovaj rad razmatra mogućnosti uštede električne energije za osvetljenje, zamenom klasične fluorescentne rasvete adekvatnom LED rasvetom i poboljšanjem rasvete u proizvodnom objektu na osnovu preporuka iz relevantne literature, teorijskih proračuna i validacije programa unapredjenja rasvete.

Predloženi program obuhvata zamenu fluorescentnih cevi LED cevima, eliminaciju prigušnih balasta korišćenjem svetiljki nove tehnologije, upotrebu rasvete isključivo prema potrebama obavljanja poslova u proizvodnom objektu, poboljšanje faktora korišćenja rasvete, optimizovanje nivoa osvetljenja, smanjenje vremena uključivanja, zamenu ručnih prekidača senzorima prisustva i senzorima osvetljenja. Strategija korišćenja osvetljenja je zasnovana na optimalnom korišćenju dnevnog svetla, pri čemu su uzeti u obzir i efekti položaja prozora, senčenje i refleksija unutrašnjih radnih površina, visina i boja tavanice, kao i boja zidova u proizvodnom objektu.

Jasno je da bi zamena fluorescentnih cevi jedan-na-jedan adekvatnim LED cevima dala veoma ozbiljne rezultate kako u pogledu smanjenja potrošnje električne energije, tako i u pogledu kvaliteta osvetljenja.

Ključne reči: LED rasveta, fluorescentna rasveta, strategija osvetljenja, period isplativosti

ABSTRACT

This paper discusses about energy savings for lighting, replacing conventional fluorescent lighting by adequate LED lighting and explores possibility of lighting improvement in production facility based on a relevant literature reviews, theoretical calculations and validation of proposed program of improving lighting.

Suggested program for energy reduction includes replacement of fluorescent tubes by LED tubes, ballast elimination, lighting use for operations task only, improvement lighting factor utilization, light level optimization, operation time reducing, and manual switches replacement by motion sensors and light intensity sensors. The strategy of light using is based on daylight optimal use, windows position effect, shading and reflections of working surfaces, ceiling height and ceilings color in the production area.

It is clear that a one-to-one replacement of fluorescent tubes by currently adequate LED tubes will give a very serious result in terms of reducing energy consumption but in terms of quality lighting also.

Keywords: LED lighting, fluorescent lighting, lighting strategy, payback period

1. UVOD

Rasveta bazirana na LED (Light-emitting Diode) osvetljenju je u poslednje vreme postala veoma zastupljena na našem tržištu. Svojstva LED rasvete su efikasnije korišćenje električne energije,

znatno duži životni vek, visok stepen svetlosne efikasnosti, fleksibilan dizajn, zanemarljiv prenos topline, što ovu vrstu osvetljenja čini veoma atraktivnom alternativom tradicionalnim izvorima svetlosti.

Sistemi zasnovani na LED rasveti nisu aktuelni samo kao rešenja za savremeno arhitektonsko osve-

tljenje već mogu naći svoju upotrebnu vrednost kao aplikacije za zamenu u već izvedenim sistemima rasvete [1,2].

Mnogi proizvođači i distributeri LED rasvete tvrde da se korišćenjem LED cevi ostvaruje ušteda električne energije i do 50% u odnosu na konvencionalne fluorescentne cevi, čime se isključivo fokusiraju na potencijalne uštede električne energije i benefite koji se dobijaju na osnovu dužeg radnog veka, međutim, stepen svetlosne efikasnosti LED rasvete je često ignorisan [3,4]. LED rasveta ima višestruke kvalitete što se tiče zdravlja i zaštite životne sredine, jer se ona izrađuje po RoHS (Restriction of Hazardous Substance Directive) principima i u sebi ne sadrži olovo, živu, kadmijum, šestovalentni hrom, polibromirani bifrmil i druge hemijske elemente koji su štetni po zdravlju, a takođe i po okolinu.

LED rasveta pruža usmereno osvetljenje (osvetljenje tačno tamo gde je potrebno) za razliku od fluorescentne rasvete koja pruža osvetljenje u više pravaca, što znači da se deo svetlosti nepotrebno gubi. Fluorescentna rasveta ima tendenciju intenzivnog smanjenja životnog veka kada se integriše sa različitim senzorima i/ili drugim kontrolnim uređajima. Nasuprot tome, LED rasveta radi savršeno u sprezi sa kontrolnim sistemima.

1. METODOLOGIJA

U cilju smanjenja svojih troškova proizvodno preduzeće je identifikovalo mogućnost uštede kroz smanjenje potrošnje električne energije za potrebe osvetljenja, tako što bi se izvršila zamena postojeće fluorescentne rasvete, adekvatnom LED rasvetom.

Tabela 1. - Broj nosača i broj radnih sati u nedelji

| | Broj nosača | Prosečno vreme rada rasvete |
|-------------|-------------|-----------------------------|
| prizemlje | 61 | 5 dana u nedelji po 10h |
| prvi sprat | 43 | 5 dana u nedelji po 24h |
| drugi sprat | 20 | 5 dana u nedelji po 10h |

Tabela 2. - Komparativne karakteristike postojeće fluorescentne cevi i adekvatne LED cevi

| | Fluo. cev | LED cev |
|--------------------------------|-------------|---------------|
| Jačina svetlosti (lm) | 2.000 | 1.700 |
| Temperatura boje svetlosti (K) | Bela 4.100 | Bela 5.000 |
| Snaga (W) | 36 | 18 |
| Dužina (mm) | 1.200 | 1.200 |
| Faktor snage | 0,55 | 0,9 |
| Radna temperatura (°C) | od 15 do 25 | od -20 do +45 |
| Efikasnost (%) | 8-11 | 20-22 |
| Efikasnost (lm/W) | 74 | 113 |
| Životni vek (h) | 15.000 | 50.000 |

Pored same zamene, doneta je i strategija korišćenja osvetljenja prema potrebama obavljanja poslova, koja bi trebala da optimizuje nivo osvetljenja, obuhvati zamenu ručnih prekidača senzorima prisustva i senzorima osvetljenja. Ova strategija zasnovana je na optimalnom korišćenju dnevnog svetla, pri čemu su uzeti u obzir i efekti položaja prozora, senčenje i refleksija unutrašnjih radnih površina, visina i boja tavice u proizvodnom području.

Preduzeće koje je predmet analize za rasvetu koristi flouroscentne cevi, koje su postavljene u zatvorene nosače IP65 sa po dve cevi snage 36W, dve elektromagnetne prigušnice i dva startera.

Rasveta je u objektu postavljena na tri nivoa: prizemlje i dva sprata. U tabeli 1 se nalaze podaci o broju nosača i dužini rada rasvete na svakom od nivoa objekta.

Kao adekvatnu zamenu za ove flouroscentne cevi preporučene su odgovarajuće LED cevi čijom instalacijom ne dolazi do smanjenja količine svetlosti koja je trenutno instalirana.

U tabeli 2 prikazane komparativne karakteristike postojećih flouroscentnih i adekvatnih LED cevi.

Bitan parametar koji utiče na potencijal uštede je životni vek, pošto LED cevi i posle 50.000 sati ne prestaju sa radom, već im se efikasnost smanjuje.

Za razliku od flouroscentnih cevi, LED cevi su otporne na mehaničke udare (ne mogu se razbiti), po uključenju odmah sijaju punim intenzitetom, česta uključenja i isključenja ne utiču na dužinu životnog veka, regulacija jačine svetla je jednostavnija i one su ekološki čistije, pošto je sadržaj štetnih materija o čijem se odlaganju mora voditi računa znatno manji.

2. STRATEGIJA KORIŠĆENJA RASVETE

Pre nego što se pristupi zameni rasvete treba izvršiti audit postojećeg nivoa osvetljenja. Uslovi koji su dati smernicama i standardima za potreban nivo osvetljenja (koji zavisi od namene određenog prostora, odnosno od aktivnosti koje se u njemu odvijaju, zatim od rasporeda radnih mesta, broja i veličine prozora, razmeštaja opreme, a u pojedinim slučajevima i od korisnika prostorije) moraju se neizostavno poštovati.

Nakon detaljnog upoznavanja sa zahtevima tehnološkog procesa treba preuzeti mere da faktori kvaliteta osvetljenja budu u potpunosti ispunjeni. Veoma su bitne informacije koje se odnose na raspored radnih stolova, mašina i ostale tehnološke opreme, a u ci-

lju optimalnog izbora sistema osvetljenja. Neophodne su i informacije o vlažnosti i zaprljanosti atmosfere u prostorijama, informacije o eventualnom prisustvu eksplozionih gasova, para, kao i informacije o temperaturi ambijenta, jer ona može značajno da utiče na fluks cevi.

Da bi se izvršila optimizacija korišćenja rasvete u smislu što efikasnijeg korišćenja dnevног svetla odredjene su svetlosne grupe koje treba povezati sa senzorima osvetljenja, da bi se na taj način izbeglo nepotrebno korišćenje dnevног svetla. U prostorijama sa značajnjim uticajem dnevне svetlosti, izvršiti izmeštanje nosača rasvete u nizove paralelne prozorima tako da oni budu normalni na radne površine.

Postavljanjem senzora osvetljenja i senzora prisutnosti smanjuje se dužina rada osvetljenja, a time i potrošnja električne energije, a produžuje se radni vek rasvete. Vreme isključenja osvetljenja se samostalno podešava u skladu sa uobičajenim ponašanjem. U potpuno automatskom modu rasveta se samostalno uključuje i isključuje u zavisnosti od prisustva i nivoa bazičnog osvetljenja prostora. Sem toga, rasveta se uvek može uključiti/isključiti prekidačem, nezavisno od stanja senzora. Nekoliko studija je pokazalo da se na ovaj način mogu ostvariti uštede električne energije koje se kreću od 7 do 25% [5,6].

Osenčenje i refleksija radnih površina takodje smanjuje količinu dostupne dnevne svetlosti. Često se dešava da su na prozorima nepotrebno navučene roletne ili zasuni tokom radnog dana uz istovremeno

korišćenje rasvete. Iskorišćeni su rezultati studija [7], na osnovu kojih je utvrđeno da količina dnevne svetlosti umnogome zavisi od osenčenja, položaja prozora, godišnjeg doba, rasporeda radnih mesta, ali da se pravilnom kombinacijom ovih obrazaca mogu ostvariti uštede u potrošnji električne energije potrebne za osvetljenje pomenutih prostora od 25% do 60% [8].

Takodje, poznato je da efekat visine plafona utiče na kvalitet rasvete u znatnoj meri [8]. Smanjenje visine plafona od 50 cm može dovesti do kvalitetnijeg iskorišćenja osvetljenja, a time i smanjenja potrošnje električne energije do 40%. U skladu sa tim predloženo je spuštanje plafona i nosača rasvete na radnim mestima i prostorima gde je to moguće izvesti bez uticaja na povećanje perioda isplativosti zamene sistema rasvete.

3. ANALIZA ISPLATIVOSTI I DISKUSIJA REZULTATA

Cilj analize je određivanje perioda isplativosti sistema rasvete koji bi se sastojao isključivo od LED cevi i koji bi zamenio postojeći sistem rasvete baziran na flouroscentnim cevima sa istim brojem nosača cevi.

Poredjenjem rezultata iz *tabela 3 i 4* vidi se da je godišnja potrošnja električne energije LED sistema rasvete manja za 30.734 kWh, što donosi godišnju uštedu u troškovima električne energije od 1.378 €.

Period isplativosti zamene postojećeg sistema flouroscentne rasvete, adekvatnom LED rasvetom u zavisnosti od potrošnje električne energije prema podaci-

Tabela 3. - Godišnji trošak električne energije postojećeg sistema flouroscentne rasvete

| Postojeća situacija | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------|-------------|---------------|---------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Lokacija | Opis | Broj nosača | Snaga (W/kom) | Vreme angažovanja (h/god) | Angž. snaga (kW) | Potrošnje el.energije (kWh/god) | Trošak el.energije (€/god) |
| prizemlje | 2x36W magnetique ballast | 61 | 100 | 2.607 | 6,10 | 15.903 | 713 € |
| prvi sprat | 2x36W magnetique ballast | 43 | 100 | 6.257 | 4,30 | 26.905 | 1.206 € |
| drugi sprat | 2x36W magnetique ballast | 20 | 100 | 2.607 | 2,00 | 5.214 | 234 € |
| | | | | Ukupno: | 12,40 | 48.022 | 2.153 € |

Tabela 4. - Godišnji trošak električne energije sistema LED rasvete

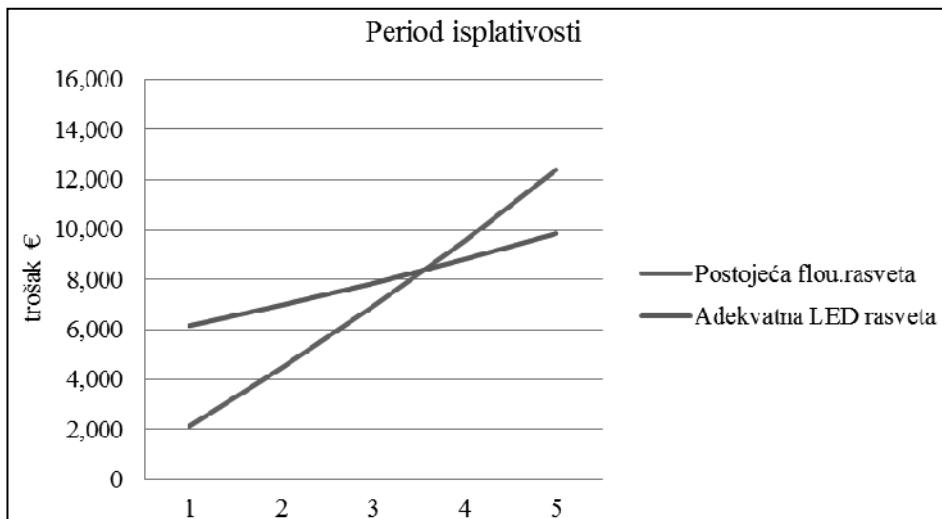
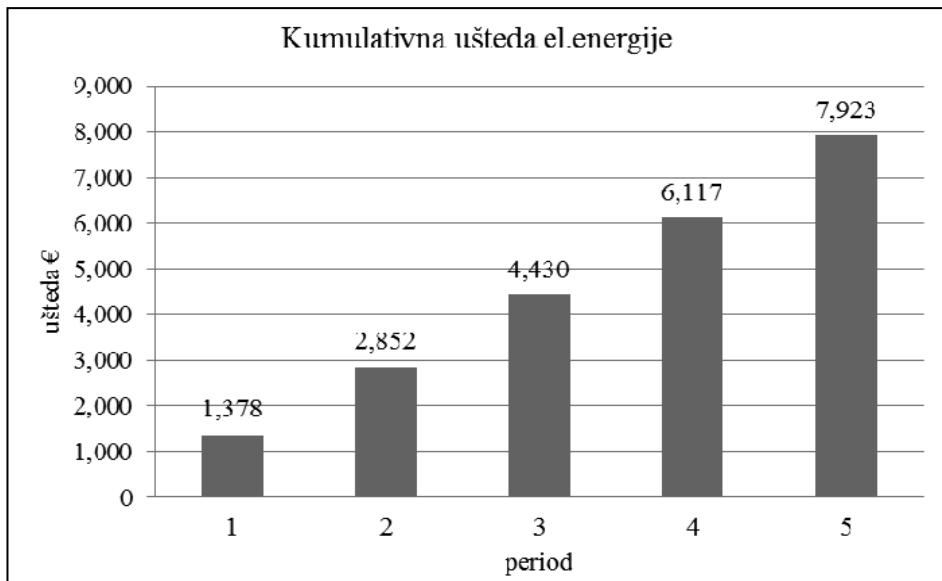
| Očekivana situacija | | | | | | | |
|---------------------|-------------------|-------------|---------------|---------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Lokacija | Opis | Broj nosača | Snaga (W/kom) | Vreme angažovanja (h/god) | Angž. snaga (kW) | Potrošnje el.energije (kWh/god) | Trošak el.energije (€/god) |
| prizemlje | 2x18W LED tube T8 | 61 | 36 | 2.607 | 2,20 | 5.725 | 257 € |
| prvi sprat | 2x18W LED tube T8 | 43 | 36 | 6.257 | 1,55 | 9.686 | 434 € |
| drugi sprat | 2x18W LED tube T8 | 20 | 36 | 2.607 | 0,72 | 1.877 | 84 € |
| | | | | Ukupno: | 4,00 | 17.288 | 775 € |

Tabela 5. - Analiza isplativosti sistema LED rasvete

| Lokacija | Referenca LED cevi | Garancija proizvodjača | Cena/kom (€) | Broj nosača | Ukupna cena (€) | Period isplativosti (godina) |
|-------------|-------------------------|------------------------|--------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| prizemlje | LED tube T8 SMD1200-I45 | 5 godina | 21,60 | 61 | 2.635 | 5,8 |
| prvi sprat | LED tube T8 SMD1200-I45 | 5 godina | 21,60 | 43 | 1.858 | 2,4 |
| drugi sprat | LED tube T8 SMD1200-I45 | 5 godina | 21,60 | 20 | 864 | 5,8 |
| | | | | Ukupno: | 5.357 | 3,9 |

ma iz *tabele 5* iznosi 3,89 godina. Analiza je bazirana na ceni električne energije koju Preduzeće plaća lokalnom distributeru i koja iznosi 0,04483 €/kWh.

Sasvim je jasno da primena LED cevi umesto konvencionalnih fluorescentnih cevi u rasveti objekta dovođi do znatnih ušteda u pogledu potrošnje električne energije što se najjasnije vidi kroz kumulativne uštede koje nastaju u analiziranom periodu od 5 godina što je prikazano na *slici 2*.

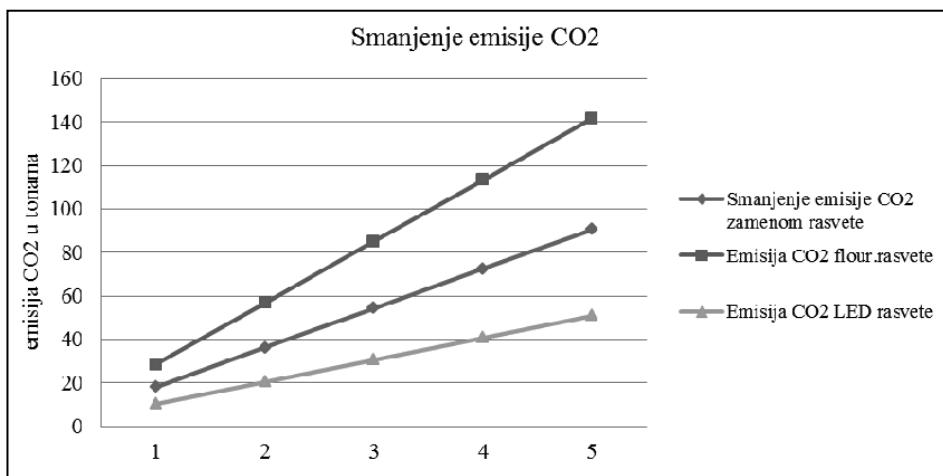
**Slika 1.** - Period isplativosti zamene rasvete u godinama**Slika 2.** - Kumulativna ušteda električne energije u analiziranom periodu od 5 godina

Može se zaključiti da su dve karakteristike osvetljenja bitne za ekonomsku isplativost: potrošnje električne energije i životni vek.

Ne manje važna karakteristika je i efikasnost LED cevi. Komercijalno dostupne LED cevi imaju efikasnost osvetljenja u 1m/W i do 70% veću od fluorescentnih cevi, što pored uštede u potrošnji električne energije utiče i na smanjenje zagrevanja prostorija obzirom da LED cevi pretvaraju oko 50% električne energije u svetlost i samim tim potreba za klimatizacijom prostora u letnjim mesecima je manja, a manja je i potrošnja električne energije za klimatizaciju. To dalje povlači značajno smanjenje emisije CO₂ i drugih opasnih materija.

Treba voditi računa pri izboru LED cevi da postoji nekoliko svetskih proizvođača (Nichia, CREE...) koji diktiraju njihove performanse. Mnogi istočni proizvođači imaju proizvodnju LED cevi, ali su one dosta niže efikasnosti, problematične boje i nepoznatog životnog veka. Ako se koristi LED cev koja ima manju efikasnost od 70 lm/W to predstavlja manje inicijalno ulaganje, ali se gubi značaj dugoročnog dobitka u pogledu uštede energije i prednosti LED nad fluorescentnom rasvetom. Životni vek LED cevi od 50.000 sati garantuju pri određenim uslovima upotrebe samo glavni proizvođači, ali je životni vek LED cevi u svakom slučaju duži od fluorescentnih cevi

Takodje treba imati u vidu kvalitet fosfornog premaza cevi. Ukoliko je on neadekvatan, cev će brzo gubiti na efikasnosti, iako je inicijalna efikasnost bila u nominalnim granicama.



Slika 3. - Smanjenje emisije CO_2 , ostvareno zamenom postojeće fluo.rasvete adekvatnom LED rasvetom u analiziranom periodu od 5 godina

4. ZAKLJUČAK

Potrošnja električne energije rasvete u kojoj je izvršena zamena flouroscentnih cevi, adekvatnim LED cevima je na godišnjem nivou do 3 puta manja. Iako početna investicija na prvi pogled izgleda znatna, ona se mora sagledati kroz činjenicu da je cena električne energije koju Preduzeće plaća niska, ali se u budućnosti očekuje rast cene električne energije, tako da će se i period isplativosti zamene verovatno skratiti. Prilikom nabavke, mora se napraviti pravi izbor LED cevi, da bi se izbegli nepouzdani proizvodjači i distributeri koji kroz manje inicijalno ulaganje žele da privuku korisnike, što naravno ima za posledicu nemogućnost ili smanjenje ostvarivanja dugoročnog dobitka u pogledu uštede energije, pošto je isporučena rasveta znatno niže efikasnosti, problematične boje i nepoznatog životnog veka. Analizom nisu obuhvaćeni troškovi održavanja postojeće flouroscente rasvete koji takodje utiču na period isplativosti.

Dodatna ušteda električne energije može se dobiti kombinacijom mera optimizacije osvetljenja u cilju što efikasnijeg korišćenja dnevnog svetla, postavljanjem senzora osvetljenja i senzora prisutnosti, pravilnim korišćenjem osenčenja i refleksije u radnom prostoru, kao i efektima visine plafona.

Osim kroz uštedu električne energije, LED osvetljenje doprinosi manjem izlaganju ljudi opasnim materijama i otpadu, ali i zaštiti životne sredine kroz smanjenje emisije CO_2 .

NAPOMENA: Rad je nastao kao rezultat na projektu III42013

LITERATURA

- [1] D. Caicedo, A. Pandharipande, G. Leus, Occupancy-based illumination control of LED lighting systems, *Lighting Research and Technology* 43 (2) (2011) 217–234.

[2] C. Hoelen, H. Borel, J. de Graaf, M. Keuper, M. Lankhorst, C. Mutter, L. Waumans, R. Wegh, Remote phosphor LED modules for general illumination: towards 200 lm/W general lighting LED light sources, in: *Proceedings of SPIE – Eight International Conference on Solid State Lighting*, San Diego, CA, USA, August, 2008.

[3] M.A. Myer, M.L., Paget, R.D. Lingard, CALiPER Benchmark Report—Performance of T12 and T8 Fluorescent Lamps and Troffers

and LED Linear Replacement Lamps, Prepared for the U.S. Department of Energy by Pacific Northwest National Laboratory, PNNL-18076, 2009.

[4] E.E. Richman, B.R., Kinzey, N.J. Miller, Laboratory evaluation of Light-Emitting Diode (LED) T8 replacement lamp products, Final Report prepared in Support of the U.S. Department of Energy Solid State Lighting Demonstration GATEWAY Program by Pacific Northwest National Laboratory, PNNL-20104, 2011.

[5] A.D. Galasiu, G.R. Newsham, C. Suvagau, D.M. Sander, Energy saving lighting control systems for open-plan offices: a field study, Report NRCC-49498, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, Ottawa, 2007.

[6] X. Guo, D.K. Tiller, G.P. Henze, C.E. Waters, The performance of occupancy-based lighting control systems: a review, *Lighting Research and Technology* 42 (2010) 415–431.

[7] A.D. Galasiu, J. Veitch, Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: a literature review, *Energy and Buildings* 38 (7) (2006) 728–742.

[8] C.F. Reinhart, Effects of interior design on the daylight availability in open plan offices, in: *Proceedings of the ACEEE Summer study on energy efficient buildings*, Pacific Grove, CA (USA), August, 2002, pp. 1–12.

[9] M. Kostić, Vodič kroz svet tehnike osvetljenja, Minel-Schréder, Beograd, 2000.

Милан Марковић, Мирко Арсеновић
Електродистрибуција Шабац, ПД „Електросрбија“ Краљево
Матија Сокола
Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду

UDC: 621.317.38

Анализа потрошње електричне енергије руралног конзума, са посебним освртом на тарифне ставове и дане празника

РЕЗИМЕ

У раду се представљају карактеристике потрошње електричне енергије на конзуму ТС 110/20 kV „Богатић“, у периоду од септембра 2013. до августа 2014. Овај конзум је типично руралан – има само 7 већих потрошача електричне енергије, 11000 домаћинстава и 1300 административних и комерцијалних купаца. Од већег броја спроведених анализа, у раду је приказано поређење потрошње по тарифним ставовима, анализа максималне 15-минутне снаге, као и понашање конзума у дане празника.

Потрошња по тарифним ставовима је равномерна током свих месецу у години, са 72,1 до 73,5% учешћа више тарифе. Ово је и помало изненађујуће низак проценат, с обзиром на чињеницу да половина купаца припада групи потрошње „једнотарифно мерење“ и немају никакав економски интерес да воде рачуна о времену потрошње електричне енергије.

Највећу средњу 15-минутну активну снагу од 17,072 MW конзум достиже 18.12.2013. године у 17:45. Ово је један од уобичајених датума постизања максималне снаге у ЕЕС-у Републике Србије – Николјдан, православни Божић или Нова година. Интересантно је приметити да се максимум не достиже на дан празника, него веће пред празник. Слично понашање конзума, али са мањим амплитудама и каснијим вечерњим штицем је уочено за Ђурђевдан и Малу Госпојину.

Анализа овог конзума нам пружа представу о специфичном понашању потрошача на територијама где се становништво углавном бави пољопривредом, на којима није извршена гасификација и које немају централизоване системе за грејање. Овакви потрошачи и даље чине значајан део свеукупног конзума Републике Србије.

Analysis of the electricity consumption in a rural consum, with emphasis on the tariff rates and public holidays

ABSTRACT

The paper analyzes electricity consumption in the consum of Transformer Station (TS) 110/20kV "Bogatić", in the period September 2013 to August 2014. This consum area is typically rural - there are only seven industrial electricity buyers, around 11,000 households and 1,300 administrative and commercial electricity customers. From a large number of analyzes carried out, this paper shows comparison of consumption in higher/lower tariffs, some analyses of the 15-minutes maximum power and the consum behaviour during the holidays.

Consumption per tariff rates suggests a rather even distribution during all months of the year, with 72.1 to 73.5% in the higher tariff. This is surprisingly low, bearing in mind that half of the customers have "single-tariff measurement" and have no economic interest whatsoever to time their electricity consumption towards the night hours of the cheaper tariff.

The highest average 15-minute active power of 17,072 MW is reached at 5:45 pm on 18th December 2013. This is one of the usual dates for achieving the maximum in the Republic of Serbia - St. Nicholas Day, Orthodox Christmas or the New Year. It is interesting to note that the peak power is reached on the day preceding the holiday. Similar consumption behaviour, but with lesser amplitudes and later