

**UTICAJ UREĐAJA ZA KONTINUALNU REGULACIJU SVETLOSNOG FLUKSA  
NA PARAMETRE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE  
- ANALIZA REZULTATA MERENJA**

D. Brajović, Visoka škola tehničkih strukovnih studija, Čačak  
Z. Lazarević, Elektrotehnički fakultet, Beograd  
P. Osmokrović, Elektrotehnički fakultet, Beograd  
M. Kostić, Elektrotehnički fakultet, Beograd

**KRATAK SADRŽAJ**

U radu se razmatra problematika telemenadžmenta (daljinsko upravljanje i kontrola) u javnom osvetljenju sa posebnim osvrtom na kontinualnu regulaciju svetlosnog fluksa. Iznose se sve prednosti sistema upravljanja i kontrole javnim osvetljenjem uz primenu savremenih izvora svetlosti. Posebna pažnja je posvećena uticaju sistema na kvalitet električne energije u njihovom okruženju. Kao posledica nelinearnosti definisani su problemi u vidu niskog faktora snage i viših harmonika napona i struje. Data su moguća rešenja u cilju sprečavanja negativnog uticaja na napojnu električnu mrežu sa aspekta kvaliteta električne energije i mogućih ušteda u potrošnji električne energije.

**Ključne reči: Telemenadžment, svetlosni fluks, kontinualna regulacija, kvalitet električne energije.**

**ABSTRACT**

**In this paper the problem of telemanagement (remote control and administration) is considered regarding the public lighting system with emphasis on the continual regulation of the luminous flux. All the benefits regarding the control and administration systems for public lighting are presented with usage of the modern (up-to-date) light sources. Special emphasis is put on the influence of the above mentioned system on the electrical energy quality in the areas close to the implemented system. As a consequence of the nonlinearity, problems are defined in terms of low power factor and higher voltage and current harmonics. Possible solutions are given in order to prevent the negative influence (effects) on the feeder power networks from the aspect of the electrical energy quality and possible savings regarding the electrical energy consumption.**

**Key words: telemanagement, light flux, continual regulation, electric energy quality.**

dragan.brajovic@vstss.com

**UTICAJ UREĐAJA ZA KONTINUALNU REGULACIJU SVETLOSNOG FLUKSA  
NA PARAMETRE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE  
- ANALIZA REZULTATA MERENJA**

D. Brajović, Visoka škola tehničkih strukovnih studija „Čačak  
Z. Lazarević, Elektrotehnički fakultet, Beograd  
P. Osmokrović, Elektrotehnički fakultet, Beograd  
M. Kostić, Elektrotehnički fakultet, Beograd

## **UVOD**

Telemenadžment je rešenje koje omogućava daljinsku dijagnostiku uz mogućnost upravljanja (uključenja i isključenja svetiljki), kao i regulacije njihovog svetlosnog fluksa (dimovanja). Ovo je jedini sistem koji omogućava dvosmernu komunikaciju, odnosno ima mogućnost slanja komande ali i prijema informacije o trenutnom statusu svetiljki, izvora svetlosti, kao i potvrdu da je komanda izvršena. Na ovaj način se planskim dimovanjem (obaranjem snage svetlosnih izvora, a posledično i svetlosnog fluksa) štedi električna energija u kasnim noćnim satima kada frekvencija saobraćaja nije velika ili kad se za time ukaže potreba. Druga velika prednost ovog sistema je u smanjenim troškovima održavanja, tačnim uvidom neispravne svetiljke sa svim podacima o njoj.

Veći zahtevi za kvalitetom osvetljenja autoputeva, raskrsnica, ulica, kao i zahtevi za većim finansijskim uštedama, svakodnevno povećavaju potrebu za implementacijom sistema daljinskog upravljanja i kontrole.

## **ARHITEKTURA SISTEMA ZA TELEMENADŽMENT**

Najveći broj sistema za telemenadžment sastoji se od tri glavna elementa:

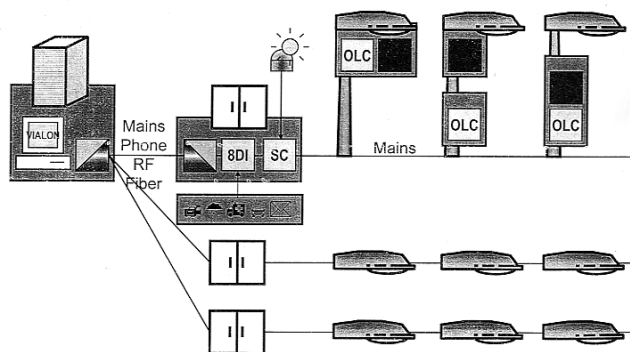
- kontroler izvora OLC (Outdoor Lamp Controller)
- segmentni kontroler SC (Segment Controller)
- upravljački softver MS (Management Software)

Sistem za telemenadžment u javnom osvetljenju koncipiran je kao mrežni sistem sa nekoliko nivoa komandovanja. Samo jezgro sistema čini server, smešten u upravljačkom centru, koji je povezan sa jednim ili više PC računara kojima se vrši upravljanje sistemom. Moguće je pristupiti korisničkom interfejsu

pomoću mobilnog telefona putem GPRS konekcije i odgovarajuće IP adrese, kao i putem Interneta pristupanjem na odgovarajuću Web stranicu i registracijom (WAN ili LAN adresa). Server poseduje aplikativni softver zadužen za upravljanje celokupnim sistemom, prikupljanje, analizu i obradu podataka. Iz ovog upravljačkog centra se može istovremeno upravljati sa više sistema javnog osvetljenja preko segmentnih kontrolera koji se najčešće nalaze u razvodnim ormanima za napajanje.

Komunikacija servera odnosno veza upravljačkog centra i segmentnih kontrolera u razvodnim ormanima je dvosmerna i vrši se preko TCP/IP protokola (GPS, GPRS, Edge, 3G, DSL (ADSL) tehnologije, kao i postojeća LAN ). Segmentni kontroler je zadužen za komunikaciju između servera sa jedne strane i kontrolera svetiljki sa druge strane. Veza između segmentnog i kontrolera izvora ostvarena je takođe pomoću niskonaponske napojne (PLC LonWorks) ili telekomunikacione bežične mreže (Wireless Zigbee). Upravo ova veza i definiše dva najpoznatija sistema telemenadžmenta, tj. sistema prenosa signala - postojećim napojnim kablom (PLC komunikacija) ili bežično putem antene (wireless komunikacija u određenom frekventnom opsegu). Kontroleri izvora se nalaze na hijerarhijski nižem nivou od segmentnih kontrolera. Oblik im je definisan potrebom da se smeste unutar svetiljke ili su često u podnožju stuba kada moraju imati poseban stepen zaštite od vlage( često ih nazivaju i *stubnim kontrolerima*).

Na slici 1. je prikazana Philips-ova Starsense arhitektura daljinskog upravljanja i nadzora u javnom osvetljenju.



Slika 1. Starsense arhitektura

## SISTEMI KOMUNIKACIJE IZMEĐU ELEMENATA SISTEMA

Postoje tri glavne tehnike koje se koriste u upravljanju i nadzoru javnog osvetljenja:

- Komunikacija napojnim kablom (**PowerLineCommunication**)
- Radio frekvencija (radio talasi ili wireless frekvencije (oko 2.4GHz))
- Poseban komandni vod

Jedna od najvećih prednosti PLC sistema ogleda se u činjenici da nije potrebno polagati dodatne kablove između segmentnih kontrolera i kontrolera izvora svetlosti, pa se komunikacija i upravljanje odvijaju preko napojnog niskonaponskog voda. Komunikacija se obavlja na principu utiskivanja modulisanog signala veće frekvencije u provodnik, zasnovanog na LonWorks tehnologiji (poznatijoj kao LON protokol – ANSI 709.2), otvorenom standardu koji je svoju primenu često nalazio u industriji.

Bežična komunikacija (Zigbee wireless) je tehnologija (IEEE 802.15.4) razvijena kao otvoreni globalni standard u cilju zadovoljenja potrebe za jeftinom bežičnom mrežom koji koristi signale male snage. Bežični signal koji IEEE 802.15.4 wireless standard propisuje nalazi se u nelicenciranom (besplatnom) ISM opsegu (Industrial, Scientific & Medical) koji koristi frekvencije u opsegu **2.4-2.484GHz** (podeljen na 16 kanala koji omogućavaju brzinu prenosa od **250kbit/s** – 50 puta veća brzina od PLC prenosa!), kao i u opsezima **868-868.6MHz** (brzina 20kbit/s po 1 kanalu) i **902-928MHz** (brzina 40kbit/s po 6 kanala) za SAD i Australiju .

Način komunikacije na delu sistema između upravljačkog centra i segmentnog kontrolera je identičan za oba načina prenosa, Powerline i Wireless (Slika 9). Jedina razlika je u metodu komunikacije između segmentnog kontrolera i samih pojedinačnih kontrolera izvora. U slučaju upotrebe Powerline-a kabl distributivne mreže izvršava ovaj zadatak. U slučaju primene ZigBee komunikacije RF antena je osnovna komponenta sistema, i ona predstavlja vezu stubnog i segmentnog kontrolera. Ona se nalazi na samom stubu u blizini svetiljke. Svaki čvor tj. stubni kontroler predstavlja ujedno i prijemnik i predajnik.

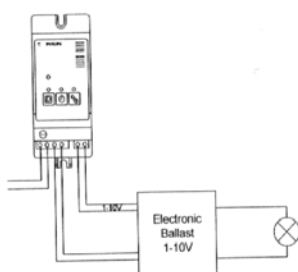
Za komunikaciju posebnim komandnim vodom koristi se LON protokol, tj PowerLine komunikacija. Jedina razlika je što se za prenos signala koristi poseban vod (signal ne ide kroz distributivni kabl). Ovo rešenje nije preporučljivo, koristi se u situacijama kada investiciona ulaganja i dodavanje novih kablova ne predstavljaju prepreku. Ovaj sistem se koristi uglavnom u zatvorenim sistemima tunelskog osvetljenja.

## UTICAJ SISTEMA ZA REGULACIJU SVETLOSNOG FLUKSA NA PARAMETRE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE

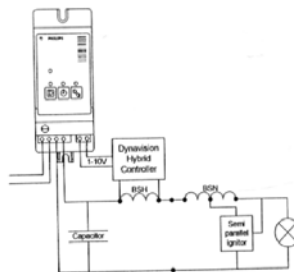
Merenja su vršena na instalaciji javnog osvetljenja gde je korišćen Philips Starsense sistem kontinualne regulacije svetlosnog fluksa.

Na Slici 1 i Slici 2 prikazane su dve mogućnosti realizacije ovog sistema u samoj svetiljci sa odgovarajućim izvorom svetlosti. Varijanta prikazana na Slici 1 odnosi se na svetiljke sa elektronskim balastom i pojedinačnim kontrolerom OLC. Pojedinačni kontroler (OLC) povezan je napojnim vodom sa segmentnim kontrolerom (SC) koji je smešten u razvodnom ormanu sa koga se napajaju svetiljke javnog osvetljenja. Segmentni kontroler komunicira sa jedne strane sa OLC u svakoj svetiljci, a sa druge strane sa centralnom upravljačkom jedinicom (PC) gde se preko posebnog softvera mogu ostvariti navedene funkcije.

Jedan segmentni kontroler dovoljan je za kontrolu rada do sto svetiljki javnog osvetljenja, priključenih na različite izvode razvodnog ormana, uz ograničenje da rastojanje između dve najudaljenije svetiljke ne sme da bude veće od 3 km.

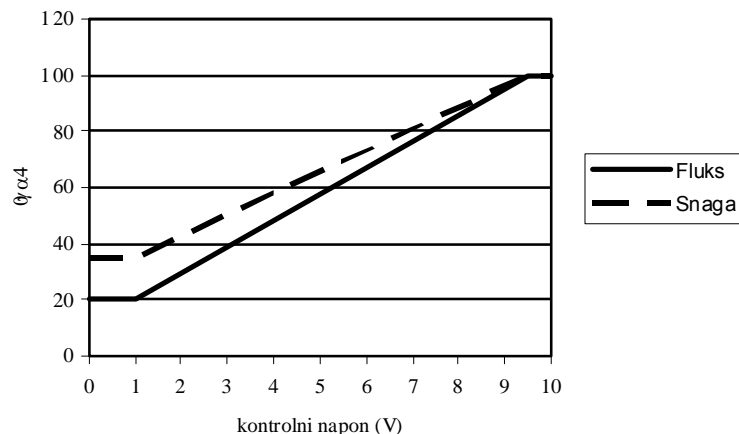


Slika 1. Kompletno elektronski sistem pojedinačne kontinualne regulacije svetlonog fluksa u uličnom osvetljenju



Slika 2. Hibridni sistem pojedinačne kontinualne regulacije svetlosnog fluksa u uličnom osvetljenju

Regulacija svetlosnog fluksa se ostvaruje promenom jednosmernog komandnog napona 1-10 V na elektronskom balastu i u zavisnosti od veličine ovog napona svetlosni fluks opadne za određeni procenat u odnosu na nominalnu vrednost.



SI.3. Zavisnost svetlosnog fluksa (puna linija) i aktivne snage izvora svetlosti (isprekidana linija) od kontrolnog napona

Zavisnost između kontrolnog napona elektronskog balasta i svetlosnog fluksa, odnosno snage izvora svetlosti, prikazan je na SI.3.

Instalaciju javnog osvetljenja na kojoj su vršena merenja sastoji se od 8 svetiljki tipa "Selenium SGP 340" (Philips) sa elektronskim prigušnicama i izvorima svetlosti NAVP 150 W (SON-T) koje osvetljavaju pešačku stazu. Svaka svetiljka poseduje pojedinačni kontroler (OLC) tipa LLC7020/00 (Philips) za komunikaciju sa segmentnim kontrolerom. Segmentni kontroler (SC) tipa LFC7065 (Philips) je ugrađen u razvodnom ormanu i povezan ne jednu fazu dvofaznog sistema napajanja svetiljki.

Cilj merenja je sagledati probleme koje Starsense sistem preslikava na njegovo električno okruženje u raznim režimima rada (scenarija) koja su programirana preko Starsense softvera. Merenja su vršena mrežnim analizatorom CIRCUTOR AR5, a merene veličine su: napon, struja, aktivna snaga, reaktivna snaga, faktor snage, energija, frekvencija, viši harmonici napona i struje (THDU, THDI). Režimi promene svetlosnog fluksa su programirani preko Philips Starsense softvera.

Dobijeni su sledeći rezultati merenja:

1.) Faza L2 nije opterećena ( $I_{L2}=0,00$  A);

2.) Vrednost struje po fazama iznose:

$I_{L1min}=2,357$ A	$I_{L1max}=4,614$ A
$I_{L2min}=0,000$ A	$I_{L2max}=0,000$ A
$I_{L3min}=2,181$ A	$I_{L3max}=4,490$ A

3.) Na osnovu dijagrama ukupne harmonijske distorzije napona (THDU), zaključuje se da maksimalna harmonijska distorzija u sve tri faze (L1,L2,L3) ne prelazi 2,9%.

4.) Ukupna harmonijska distorzija struje (THDI) maksimalne vrednosti po fazama iznose:

THDI L1= 9,4 %
THDI L2= 0,0 %
THDI L3=15,3%

#### Napon:

Na osnovu dijagrama HDU zaključujemo da je dominantan 5-ti harmonik, ali u dozvoljenim granicama (manji od 6,0% za niski napon prema standardu EN 50160; manji od 3,0% prema IEEE-519 limitu).

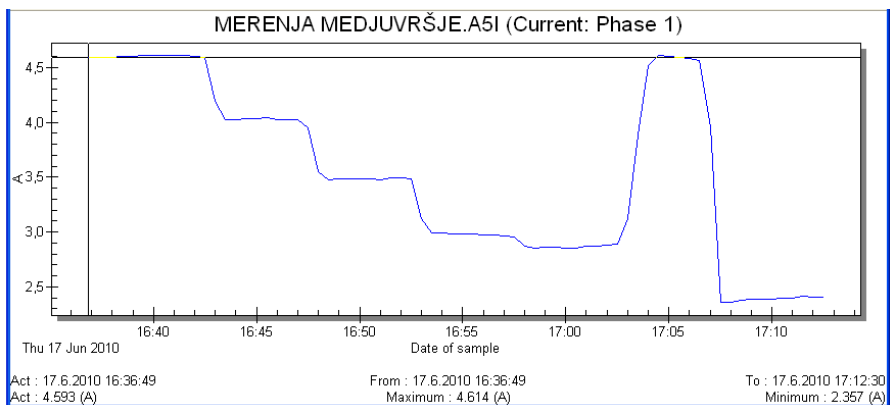
Na osnovu dijagrama THDU zaključujemo da se nalazi u dozvoljenim granicama (manji od 8,0% za Klasu 2 elektromagnetske okoline-Sabirnica (PCC) prema javnoj mreži prema standardu IEC 6100-2-4; manji od 5,0% prema IEEE-519 limitu).

#### Struja:

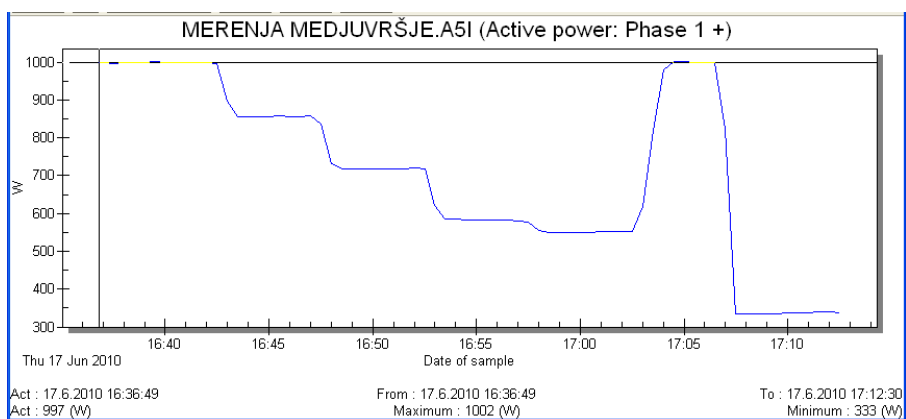
Na osnovu HDI zaključujemo da je dominantan 3-ći harmonik, ali u dozvoljenim granicama ( manji od 7,0% prema IEEE-519 limitu).

Na osnovu dijagrama THDI zaključujemo da se nalazi **van** dozvoljenih granica( veći od 8,0% prema IEEE-519 limitu).

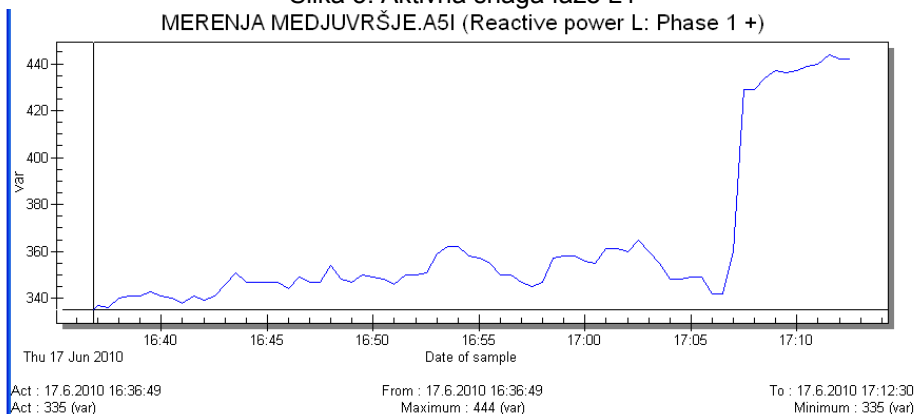
Dat je prikaz rezultata merenja po jednoj opterećenoj fazi L1:



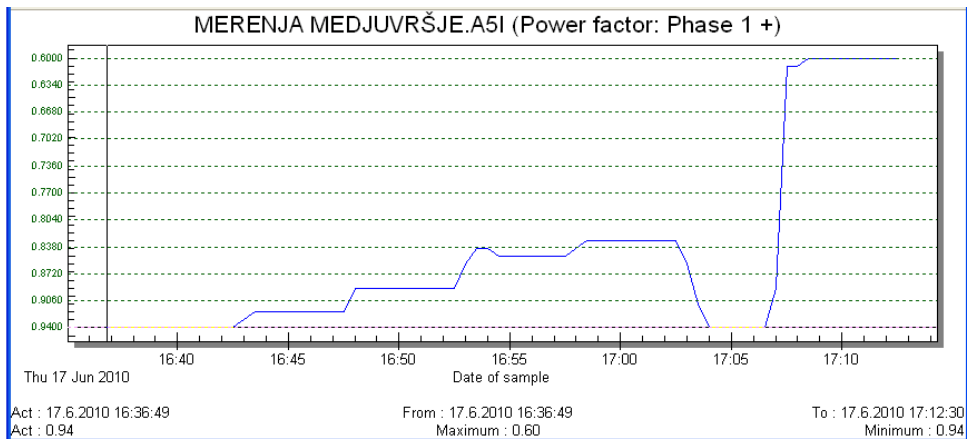
Slika 4. Struja faze L1



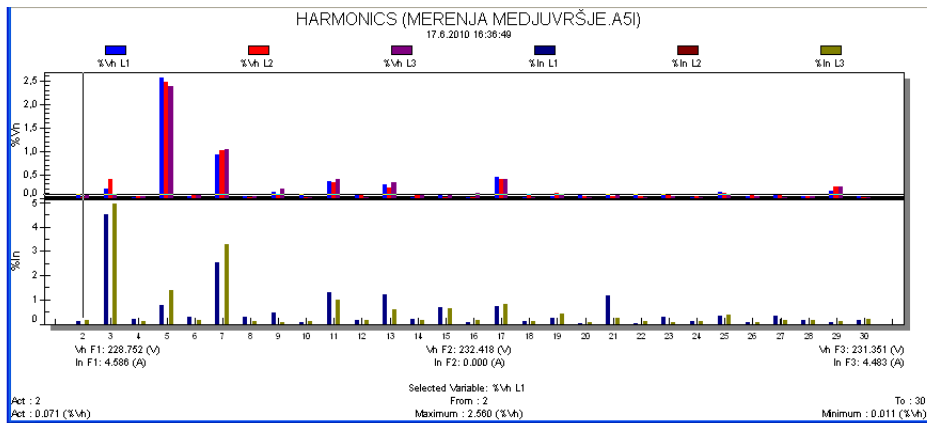
Slika 5. Aktivna snaga faze L1



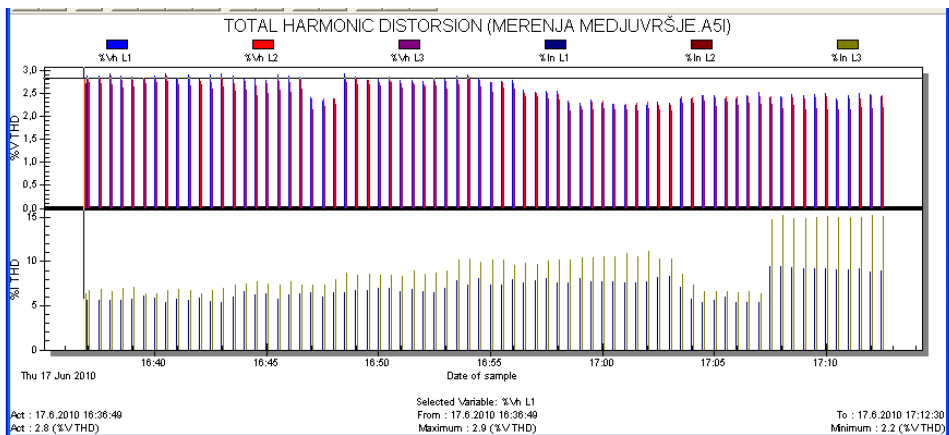
Slika 6. Reaktivna snaga faze L1



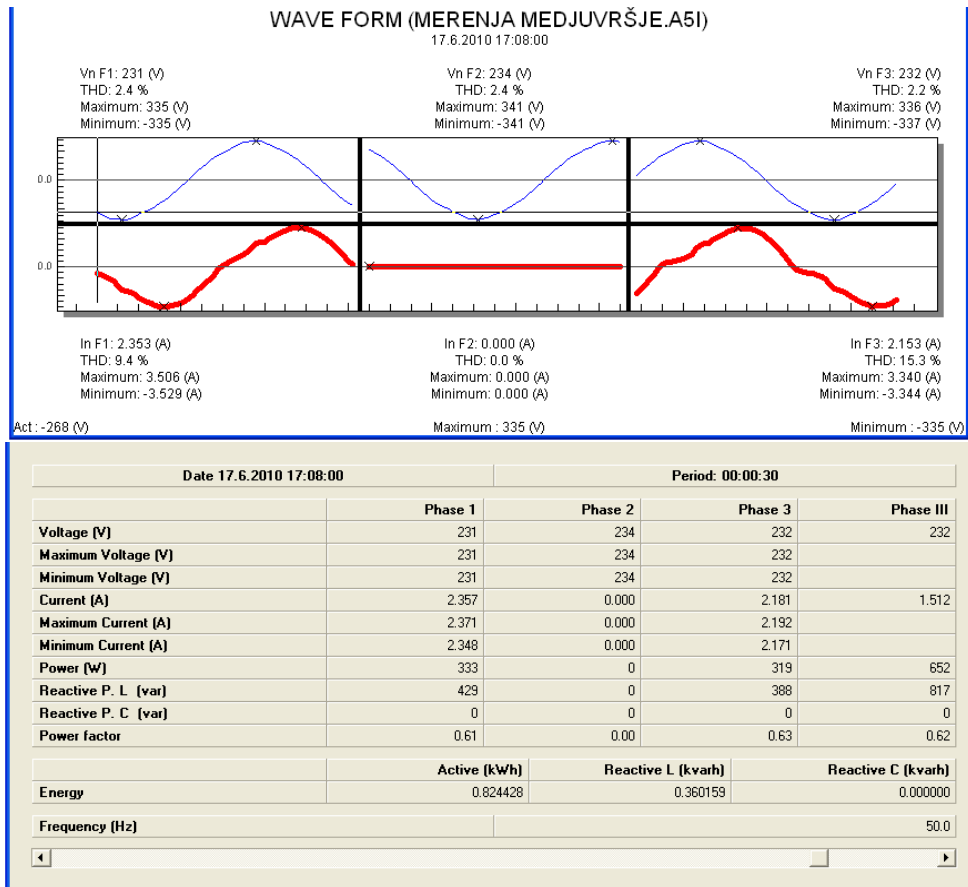
Slika 7. Faktor snage faze L1



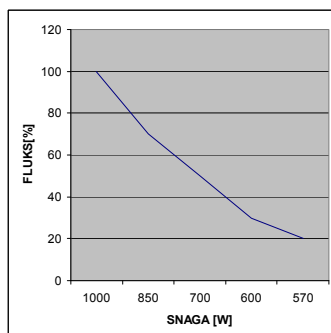
Slika 8. HDU,HDI



Slika 9. THDU,THDI



Slika 10. Talasni oblik napona i struje za maksimalne vrednosti THD i prikaz rezultata merenja



Slika 11. Zavisnost fluksa i snage izvora svetlosti



## **ZAKLJUČAK**

Na osnovu iznete analize sistema i izvršenih merenja izvodimo zaključke da pored svih prednosti koje daje sistem telemenadžmenta, a koje se ogledaju kroz daljinsko upravljanje i nadzor u javnom osvetljenju, kao i uštede u električnoj energiji, imamo i prisutan negativan uticaj na parametre kvaliteta električne energije koji se ne mogu zanemariti i koji na većim sistemima posebno dolaze do izražaja. Ako se uzmu u obzir i viši harmonici struja u neutralnom vodu koji utiču na povećanje gubitaka u prenosnim vodovima, problem dobija još više na značaju. Pri projektovanju sistema telemenadžmenta potrebno je sagledati moguće probleme, kao i načine njihovog rešavanja kroz korekciju faktora snage, smanjenja harmonijskih distorzija i smanjenja gubitaka u prenosnim vodovima.

## **LITERATURA**

1. M.Kostić, Osvetljenje puteva, Minel-Schreder, Beograd, 2006.
2. A.Djuretić, Telemenadžment-pregled sistema za daljinsko upravljanje i nadzor u javnom osvetljenju, Osvetljenje,2009.
3. Philips, Starsense telemanagement made easu,2009.
4. Philips, Chronosense and Dynadimmer – The Philips stand-alone dimming solutions , 2009.
5. Schreder, Telemonitoring – technical white paper, 2008.
6. M.Kostić, M.Ječmenica, Sistemi za pojedinačnu kontinualnu regulaciju svetlosnog fluksa u javnom osvetljenju, ETF, Beograd,2009.