

# Sistem za upravljanje vršnim opterećenjem

Djordje Perišić,  
Slobomir P Univerzitet, Bijeljina  
[djurdje@beotel.rs](mailto:djordje@beotel.rs)

Aleksandar Žorić, Slobodan Obradović  
Tehnički fakultet u Kosovskoj Mitrovici  
Matematički institut SANU, Beograd  
[acazoric@yahoo.com](mailto:acazoric@yahoo.com), [slobo.obradovic@gmail.com](mailto:slobo.obradovic@gmail.com)

*Sadržaj*— U radu je opisan realizovan sistem za upravljanje vršnim opterećenjem električne energije kod velikih potrošača. Uvodni deo rada je posvećen kratkom opisu razvojnog toka ovog sistema, koji je zasnovan na principu rada frekventne petlje. U radu su posebno istaknuti pristupi na kojima se zasniva rad ovog sistema, zatim funkcionalnost sistema i postignuti efekti u primeni. Prezentirani su monitorski dijagrami toka maksigrafa u realnom vremenu, snimljeni na realizovanom sistemu. Prikazana su i predviđanja budućeg toka maksigrafa, realizovanih pomoću odgovarajućeg softverskog prediktora.

*Ključne reči* - *Racionalizacija električne energije; vršno opterećenje; predikcija;*

## I. UVOD

Sprovođenje racionalizacije u potrošnji električne energije postupcima uravnotežavanja potrošnje kod velikih potrošača i u širokoj potrošnji, predstavljaju danas dva veoma važna zadatka svih elektroprivrednih sistema. Mada su po svojim ciljevima i po oblasti primene ova dva zadatka identični, u praktičnoj realizaciji se ova dva zadatka moraju rešavati odvojeno i na potpuno drugačiji način. Ova razlika direktno proističe iz različitosti memih uređaja koji se koriste u ove dve oblasti, kao i razlike u tretmanu ove dve velike grupe potrošača u tarifnom sistemu. Nije potrebno posebno isticati da su praksa i brojne analize pokazale da je svaka dobro osmišljena racionalizacija u potrošnji električne energije finansijski opravdanija od ulaganja u izgradnju novih energetskih proizvodnih kapaciteta uz koja obavezno idu i pretača postrojenja i sluzbe.

U ovom radu je opisano jedno rešenje sistema za upravljanje vršnim opterećenjem (SUVO), koje je prevashodno namenjeno velikim potrošačima, ali i svim drugim potrošačima koji koriste uređaj maksigraf. Opisano rešenje u suštini vrši uravnoteženje potrošnje električne energije kod velikih potrošača. Ovo uravnoteženje doprinosi smanjenju vršnog opterećenja, koje se meri u vremenu od 15 minuta. Smanjena vrednost maksigrafa (srednja 15-minutna snaga) dalje rezultira u odgovarajuće smanjenje novčane naknade za vršno opterećenje, koje u zavisnosti od potrošača do potrošača može da dosegne i do značajnog procenta od ukupne vrednosti koja se isplaćuje za maksigraf. Na prvi pogled korist od uravnoteženja potrošnje kod velikih potrošača imaju samo potrošači koji koriste SUVO. Medjutim merenja su pokazala, da na primer na transformatorskom vodu od samo oko 30 potrošača, uravnoteženje pojedinačne potrošnje, ujedno rezultira i u efikasno uravnoteženje potrošnje na celom posmatarnom vodu. Sa rastom broja potrošača sa

uravnoteženom potrošnjom bi se svakako dobili još bolji rezultati u uravnoteženju potrošnje na nivou nekog šireg energetskog sektora. To praktično znači da SUVO, pored finansijske dobiti koju ima korisnik, doprinosi uravnoteženju potrošnje na nivou elektroindustrijskog sistema u celini a sa tim i sve odgovarajuće pogodnosti i uštede. Naravno vidan efekat ove aplikacije bi bio postignut u slučaju masovnije primene SUVO-a, zajedno sa primenom odgovarajućeg rešenja iste namene za široku potrošnju.

Opisani pristup u ovom radu je primenjen u projektu „Ekspertni sistem za upravljanje vršnim opterećenjem“, u okviru programa nacionalnih projekata Ministarstva za nauku i tehnologiju RS. Lit. [1-5] je usko povezana sa idejnim rešenjem opisanog rešenja ili opisuje neke aspekte SUVO-a, lit. [6-9] ima dodirne tačke sa korišćenom frekventnom petljom i lit. [10-17] je korišćena u realizaciju sprege PC-a sa SUVO-om, i u hardverskoj i softverskoj podršci.

## II. OPIS RAZVOJA PRINCIPA RADA SUVO-A

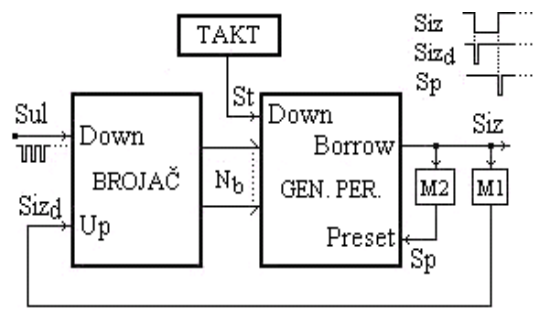
Razvoj SUVO-a za potrebe velikih potrošača predstavlja zahtevan tehnički problem i u teoretskom i u praktičnom smislu, kako zbog veoma velike raznolikosti velikih potrošača i brojnih parametara koji mogu biti od uticaja na energetske tokove, tako i zbog beskonačno mnogo slučajeva koji mogu nastati u potrošnji u vremenu od 15 minuta. Mnogi pokušaji poznatih instituta u razvoju SUVO-a, iako sa dosta ulaganja, nisu dali adekvatna rešenja koja bi pouzdano i dugoročno obezbedila kvalitetnu kontrolu vršnog opterećenja kod šire grupe velikih potrošača. Osnovni razlog ovih promašaja leži u činjenici da ta rešenja nisu bazirana na odgovarajućim pristupima, koji mogu da razreše sve energetske slučajeve u praksi. Zbog toga, generalno rešenje, koje bi bilo primenljivo za sve slučajeve, mora da obezbedi mogućnost njegovog prilagođavanja svim potrošačima, kao i svim mogućim slučajevima koji mogu nastati u proizvodnji. Takvo rešenje treba da obezbedi i visoki stepen fleksibilnosti, tako da operator može prema svakodnevnoj potrebi da reprogramira parametre SUVO-a u cilju optimalnog iskorišćenja već izabrane vršne snage, ali bez ometanja tehnološkog procesa rada ili smanjenja produktivnosti rada. Za ispunjenje navedenih zahteva, moraju se, između ostalog, ispoštovati sledeći elementarni principi kod razvoja SUVO-a:

- a) Proces energetskog stanja kojim se upravlja mora se posmatrati integralno u celoj fabrici a ne samo u nekom njenom delu.

b) Algoritam kojim se upravlja vršnim opterećenjem mora se bazirati na sinhronoj vezi svih delova istema sa 15-minutnim vremenom uklopnog sata ili MTK sistema.

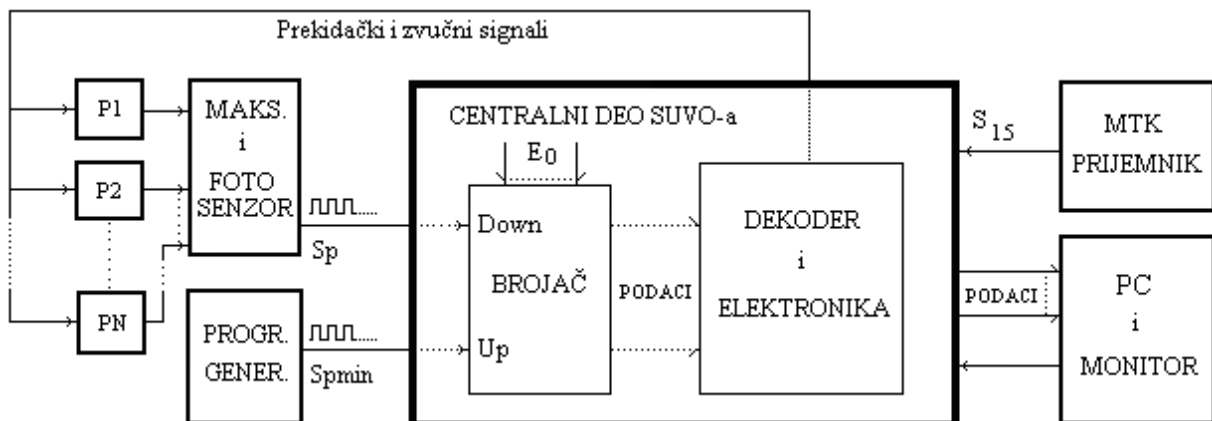
Polazna ideja za razvoj SUVVO-a je proistekla iz lit. [1-3]. Lit. [3] opisuje hibridnu faznu petlju, dok lit. [1-2] opisuju, u različitim aplikacijama, digitalizovanu verziju hibridne fazne petlje koja poprma osobine frkventne petlje (FP). Jedna od najvažnijih osobina ove FP jeste da ima izraženo svojstvo usrednjavanja perioda na izlazu petlje, bez obzira na obim neuniformnosti perioda ulaznog signala, videti lit. [1-2]. Na sl. 1 je prikazana osnovna šema modela FP, koja ujedno predstavlja polazni osnov za razvoj sistema u celini. Pored Up-down brojača model sadrži i programabilni generator periode, koji generiše periodu  $T_{iz}$  signala  $S_{iz}$ , tako da je  $T_{iz} = N_d * t_T$ , gde je  $N_d$  dekadna vrednost binarnog koda brojača  $N_b$  a  $t_T$  perioda signala takta  $St$ , videti lit. [1-2]. Up-down brojač je integrator razlike frekvencija  $f_{iz}$  i  $f_{ul}$ , respektivno signala  $S_{iz}$  i  $S_{ul}$ . Nakon svake registracije impulsa signala  $S_{izd}$  na ulazu  $Up$ , sadržaj  $N_b$  se pomoću impulsa  $Sp$  prisetuje u generator periode, nakon čega startuje generisanje nove periode  $T_{iz}$ . Frekvencija  $f_{iz}$  prati  $f_{ul}$ , bez obzira dali  $f_{ul}$  raste ili opada. Kada je FP u stabilnom stanju  $TU = TI = N_d * t_T$ . Monostabilni multivibratori  $M1$  i  $M2$  generišu  $S_{izd}$  i  $Sp$  prema prikazu na sl. 1.

Na sl. 2 je prikazana organizacija SUVVO-a, koja u osnovi takodje predstavlja frekventnu petlju ali uz određene izmene i dopune u odnosu na sl. 1. Tako je generator periode sa sl. 1 zamenjen sa blokovima: „dekoder i elektronika“, potrošači  $P_1$  do  $P_N$  i maksigraf sa foto senzorima. U zavisnosti od trenutnog stanja Up-Down brojača centralni deo SUVVO-a preko linije za prekidačke i zvučne signale prekida potrošnju pojedinih potrošača  $P_1$  do  $P_N$ , što se odražava na brzinu okretanja diska maksigrafa. Pomoću foto senzora sa odgovarajućom elektronikom se brzina okretanja diska pretvara u povorku impulsa  $Sp$ , čija je frekvencija linearno srazmerna sa brzinom okretanja diska. Pošto je brzina okretanja diska linearno srazmerna sa ukupnom snagom potrošnje, proizilazi da je i frekvencija signala  $Sp$  linearno srazmerna sa ukupnom snagom potrošnje u svakom trenutku. Dakle perioda izlaznog



Slika 1. Funkcionalna šema digitalne frekventne petlje

signala u ovom modelu je zavisna od ukupne snage potrošnje i to tako da što je snaga ukupne potrošnje veća, to je perioda manja i obrnuto. U funkcionalnom smislu takodje postoji razlika modela sa sl.1 u odnosu na sl. 2. Ako je Up-Down brojač na sl. 1 integrator razlike frekvencija  $f_{ul}$  i  $f_{iz}$ , Up-Down brojač sa sl. 2 je integrator razlike frekvencije povorke impulsa  $Sp$  i referentne frekvencije povorke impulsa  $Sp_{min}$ . Ovu referentnu frekvenciju impulsa generiše programabilni generator koji se ručno (odnosno binarno) programira u zavisnosti od parametara koji karakterišu fabriku u kojoj se SUVVO ugrađuje. Referentna frekvencija signala  $Sp_{min}$  je linearno srazmerna ukupnoj snazi potrošnje u fabrici za slučaj kada se isključe svi potrošači čije kratkoročno isključenje neće degradirati tokove proizvodnje niti smanjiti produktivnost rada. Pošto u definisanje referentne frekvencije treba uzeti u obzir i one potrošače koji, zbog prirode proizvodnje, mogu da se isključe samo privremeno, referentna frekvencija je srazmerna minimalnoj srednjoj snazi potrošnje fabrike u toku vremena rada maksigrafa od 15 minuta. Uzimanje u obzir i onih potrošača koji mogu da se samo povremeno isključe predstavlja u nekim fabrikama značajan doprinos u smanjenju vršnog opterećenja. Referentna frekvencija povorke impulsa  $Sp$  će se nadalje u analizi i na monitorskim snimcima pojavljivati kao glavna kriterijumska kriva fabrike. Opisani pristup u realizaciji SUVVO-a omogućava da se sve moguće uštede ugrade u proces kontrole vršnog opterećenja. Signal  $S_{15}$ , dislociranog MTK sistema ili uklopnog sata, služi za

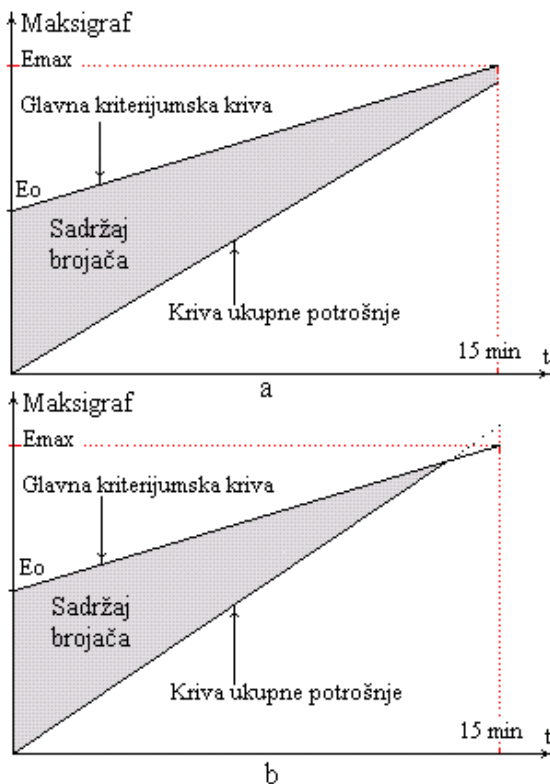


Slika 2. Organizacija SUVVO-a.

definisane početka i kraja rada maksigrafa u trajanju od 15 minuta. Isti signal se istovremeno koristi i za sinhronizaciju rada svih delova SUVO-a. PC računar se koristi za grafičke prikaze parametara potrošnje u realnom vremenu, kao i za memorisanje mernih podataka i prikazivanje dijagrama potrošnje iz prethodnih vremena sa različitim periodom posmatranja. Pored toga PC računar se koristi i za predikciju 15-minutnog maksigrafa. Ovaj podatak se koristi da se blagovremeno preduzmu isključivanja u skladu sa usvojenim algoritmom. Početna vrednost  $E_0$ , koja se prisetuje u brojač na početku svakog 15-minutnog vremena, predstavlja u fizičkom smislu početnu energiju, koja se koristi isključivo kao upravljački parametar u postupku upravljanja vršnim opterećenjem.

### III. SADRŽAJ BROJAČA KAO UPRAVLJAČKI SIGNAL

Stavivši Up-down brojač u funkciju integratora razlike učestanosti signala  $S_{min}$  i  $S_p$  i prisetujući  $E_0$  na početku svakog novog 15-minutnog merenja, dinamički sadržaj Up-down brojača u toku 15 minuta se može predstaviti kao na sl. 3a i 3b. Sa obe slike se vidi da je  $E_{max} = E_0 + k \cdot t$ , gde je  $E_{max}$  maksimalna vrednost 15-minutne energije koju fabrika ne sme prekoračiti a „ $k$ “ je koeficijent pravca glavne kriterijumske krive fabrike. Koeficijent pravca „ $k$ “ jeste ustvari prethodno definisana učestanost povorke impulsa

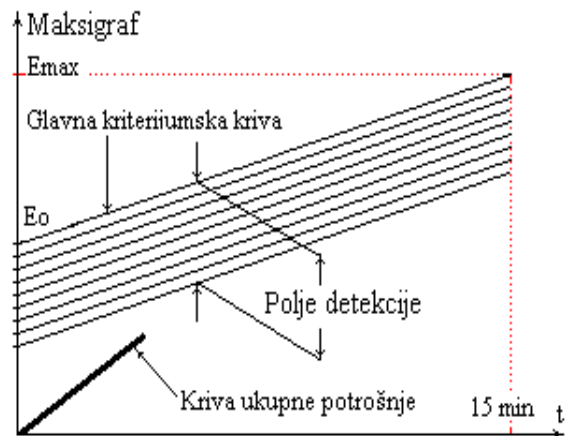


Slika 3. Sadržaj brojača u funkciji krive ukupne potrošnje.

$S_{min}$ . Definisanjem  $E_{max}$ , definisana je i vrednost maksigrafa koja predstavlja srednju 15-minutnu snagu fabrike. Vrednost  $E_{max}$  fabrika ne sme prekoračiti niti jedan put u

toku meseca, budući da se očitavanja maksigrafa vrše na kraju svakog meseca. Pošto je ukupna potrošnja veća od minimalne u normalnim uslovima rada, sadržaj brojača će se, kako je prokazano i na sl. 3, smanjivati u toku 15-minutnog vremena i težiti nuli. Na sl. 3a je prikazan slučaj kada sadržaj brojača ne dostiže nulu za vreme 15-minutnog vremena a na sl. 3b je prikazan slučaj kada sadržaj brojača dostiže nulu pre isteka 15-minutnog vremena. Podpuno je izvesno da u slučaju na sl.3a nije potrebno pristupiti bilo kakvim isključenjima pošto na isteku 15 minuta ukupna kriva potrošnje neće preći  $E_{max}$ . U slučaju prikazanom na sl. 3b, kada brojač dostiže nulu pre isteka 15 minuta, vidi se da će kriva ukupne potrošnje prekoračiti dozvoljeni  $E_{max}$ . Iz ovoga se vidi da sadržaj akumulatora može poslužiti kao upravljački signal za upravljanje vršnim opterećenjem. Vrednost  $E_0$  direktno utiče na dozvoljeni  $E_{max}$  a izbor njegove vrednosti je za svaku fabriku u funkciji sklopa i karakteristika potrošača u njoj.

Pored ove jedne uočene tačke preseka krive ukupne potrošnje sa glavnom kriterijumskom krivom, koja može precizno da identifikuje jedno određeno energetske stanje u fabrici, za upravljanje potrošnjom je potrebno više karakterističnih tačaka koje i znatno ranije ukazuju na tokove energetske stanja a eventualno i na tendencije kretanja energetske stanja u toku svih 15 minuta. Sa sl. 3 se jasno vidi da se, za svakodnevne normalne uslove rada kada jedino i može doći do prekoračenja, sadržaj brojača kontinualno smanjuje. Obzirom na tu okolnost, proizilazi da se dekodovanjem sadržaja brojača može još u ranoj 15-minutnoj fazi, doći do pouzdane informacije o toku energetske stanju u fabrici i po potrebi blagovremeno pristupiti isključivanju potrošača. U tu svrhu je uvedeno osam pomoćnih kriterijumskih krivih, koje su prikazane na sl. 4. Oblasť koju obuhvataju glavna i pomoćne kriterijumske krive je označena sa poljem detekcije. Rastojenje između kriterijumskih krivih je energetske korak. Energetske korak je programibilna veličina i bira se u skladu sa željenom strategijom upravljanja vršnim opterećenjem. Izborom veće vrednosti koraka se može

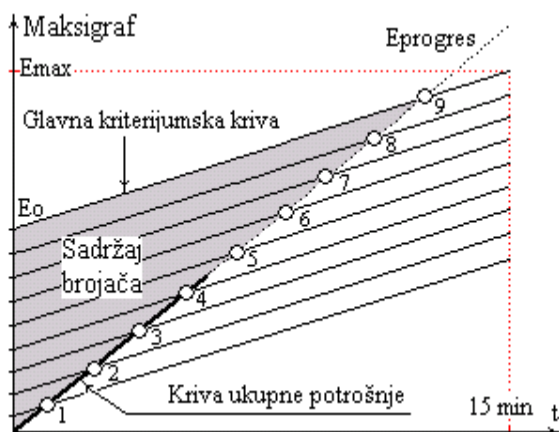


Slika 4. Pomoćne kriterijumske krive i polje detekcije

proširiti polje detekcije prema potrebi. Na primer ako bi energetske korak izabrali tako da donja pomoćna kriterijumska

kriva pokrije nulti položaj maksigrafa, kriva ukupne potrošnje bi „ušla“ u polje detekcije na samom početku 15-minutnog vremena.

Uspostavljanjem, pored glavne i osam pomoćnih kriterijumskih krivih, moguće je detektovati ukupno devet tačaka u okviru polja detekcije koje identifikuju određena energetska stanja u fabrici preko odgovarajućih stanja brojača. Na sl. 5 su prikazane presečne tačke krive ukupne potrošnje sa kriterijumskim krivama, označene sa brojevima 1 do 9. Sa sl. 5 se vidi da su to stanja brojača koja su neposredno uz nulti sadržaj, uključujući i sam nulti sadržaj pod brojem 9. Izbor identifikacionih tačaka se vrši odabirom svih dosada pomenutih parametara, koji su sastavni deo opisanog pristupa. Dakle izbor zavisi od parametara fabrike kao što su glavna kriterijumaka kriva i kriva ukupne potrošnje, ali isto tako i od upavljačkih parametara, kao što su početna energija  $E_0$  i energetska korak. Detekciju identifikacionih tačaka vrši binarni dekodir sa elektronikom, koji je prikazan na sl. 2. Detekcijom svake od prikazane tačke se dobija električni signal za isključivanje pojedinih potrošača u fabrici. Konačno odlučivanje o isključivanju zavisi i od prognostičke vrednosti energetskog stanja maksigrafa na kraju 15-minutnog vremena, Eprogres na sl. 5. Ukoliko predviđajuća vrednost maksigrafa Eprogres premašuje  $E_{max}$ , u tački 1 dolazi do isključenja određenog broja potrošača manje snage sa najnižim prioritetom. Pod pojmom „najniži prioritet“ se podrazumeva da isključenje ovih potrošača na bilo koji način ne remeti funkcionalnost celog sistema niti deranžira proizvodnju. Prema opisanom principu rada se vidi da je ta kategorija potrošača prva na udaru i samim tim je najčešće isključivana. Ako ovo isključenje nije dovoljno da prediktor promeni prognozu o premašenju  $E_{max}$ , u tački 2 dolazi do isključenja sledeće grupe potrošača veće snage. Isti proces se nastavlja sve do tačke 9, kada dolazi do isključenja svih potrošača koji se mogu isključiti, na duže ili privremeno. U tom trenutku će se ukupna potrošnja izjednačiti sa minimalnom potrošnjom i kriva ukupne potrošnje će striktno slediti glavnu kriterijumsku krivu. Na isteku 15-minutnog vremena, kriva ukupne potrošnje će dostići  $E_{max}$ .

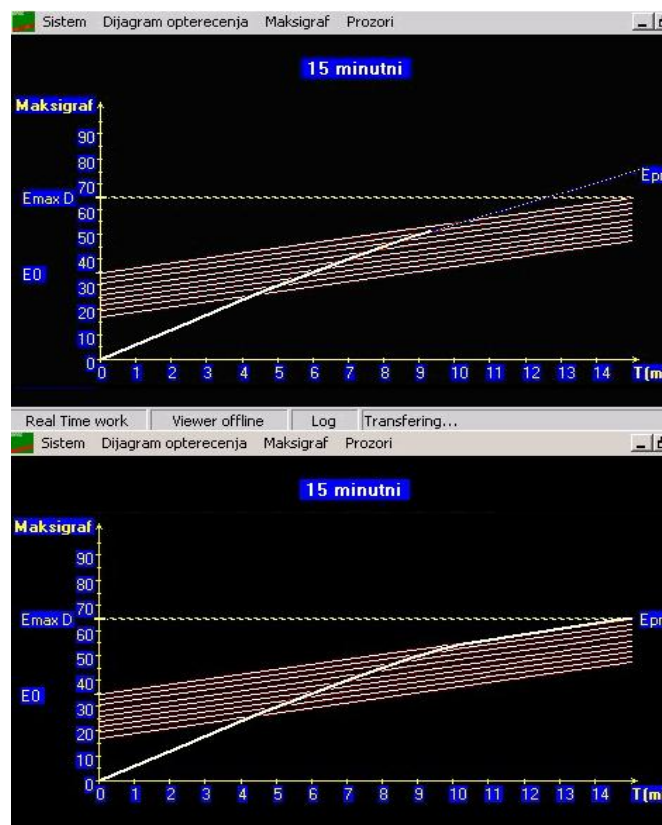


Slika 5. Identifikacione tačke kao detektori energetskog stanja

#### IV. GRAFIČKI PRIKAZ SA REALIZOVANOG SUVO-A

SUVO koristi softverski rekursivni prediktor drugog reda Eprogres koji u svakom trenutku pokazuje na monitoru računara, kakav će biti ishod maksigrafa na isteku 15-minutnog vremena, ukoliko bi se zadržao trenutni trend potrošnje. Kao što je već rečeno, ova se funkcija koristi kao jedan od parametara za donošenje odluke o isključivanju pojedinih grupa uređaja u tačkama od 1 do 9.

U cilju ilustracije opisa datih u prethodnim poglavljima, na sl. 6 su prezentirana dva prikaza jednog istog 15-minutnog toka maksigrafa, snimljenih na realizovanom sistemu početkom desetog minuta i na kraju 15-minutnog intervala. Na gornjoj slici se vidi da je kriva ukupne potrošnje sredinom petog minuta „ušla“ u polje detekcije i da je se koeficijent pravca ove krive postepeno smanjivao zbog isključivanja. Ali i pored tih isključivanja, Eprogres pokazuje da bi trenutni tok maksigrafa prešao  $E_{max}$  na isteku 15-minutnog vremena. Na donjoj slici se vidi da je u trenutku kada je kriva ukupne potrošnje „presekla“ glavnu kriterijumsku krivu, došlo do maksimalnog mogućeg isključenja, koje je, prema već ranije datim opisima, obezbedilo da kriva ukupne potrošnje striktno prati glavnu kriterijumsku krivu. Prateći glavnu kriterijumsku krivu do kraja 15-minutnog intervala, kriva ukupne potrošnje je dostigla  $E_{max}$ , čime je sprečeno prekoračenje dozvoljenog maksigrafa.



Slika 6. Maksigraf i Eprogres na realizovanom sistemu.

## V. ZAKLJUČAK

Opisane modifikacije i proširenja FP sa sl. 1 su omogućile efikasnu primenu dobijenog sistema SUVO u upravljanju vršnim opterećenjem kod velikih potrošača. Za razliku od klasične FP, SUVO kao frekventna petlja gotovo svih 15 minuta funkcioniše u prelaznom režimu, dok u stabilno stanje SUVO dolazi samo kada se frekvencije na ulazima UP i Down brojača izjednače, odnosno kada kriva ukupne potrošnje dostigne glavnu kriterijumsku krivu. Opisani pristup upravljanja se može koristiti u raznovrsnim primenama.

Softverska podrška SUVO-a raspolaže paketima za prikaz trenutnih i budućih vrednosti „maksigrafa“, dijagrama opterećenja i trenutnih tokova informacija sa mernog dela SUVO-a. Pored toga SUVO raspolaže i paketima za prikaz vrednosti i vremena generisanja bilo kog parametra sistema, kao i paketima za kontrolu rada sistema u celini. Softverski paketi SUVO-a takođe obezbeđuju prikazivanje prošlih događanja i prezentovanje dnevnih ili mesečnih dijagrama „maksigrafa“ i dijagrama opterećenja.

Primenjeni teoretski i algoritamski pristup u sistemu SUVO obezbeđuje:

a) optimalno iskorišćenje svih mogućih resursa za smanjenje vršnog opterećenja uključujući i one potrošače koji se mogu samo povremeno isključiti, kao i one potrošače čija se potrošnja može samo povremeno smanjiti,

b) svakodnevnu, ili prema trenutnoj potrebi, promenu nivoa prioriteta svakog potrošača u funkciji tehnološkog procesa rada i obima poslova, odnosno svrsishodnu zamenu već dodeljenih prioriteta potrošačima,

c) mesečno i sezonsko reprogramiranje sistema u svrhu postizanja mogućeg maksimuma optimizacije u funkciji trenutnog obima proizvodnje,

d) izbegavanje fiksiranih isključenja koji onemogućavaju prilagođavanje promenljivim uslovima rada i ni izbliza ne obezbeđuju optimalna smanjenja vršnih opterećenja,

e) maksimalno iskorišćenje već isprogramiranog željenog maksigrafa u toku svakih 15 minuta,

f) jednostavno vizuelno i zvučno, trenutno i dugoročno praćenje fizičkog procesa potrošnje cele fabrike, laku edukaciju i razumevanje međuzavisnosti i uslovljenosti svih uticaja u njemu i u skladu sa tim fleksibilno, po sistemu korak po korak, „podešavanje“ celog sistema upravljanja potrošnjom do mogućeg optimuma, ali bez bilo kakvih smetnji na već uhodan tehnološki proces rada.

## VI. ZAHVALNICA

Ovaj članak je podržan od strane Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije u okviru projekta III47016.

## VII. LITERATURA

[1] Dj. M. Perisic, A. Zoric, S. Obradovic, Dj. Dj. Perisic, “FLL as Digital Synthesizer based on Binary Rate Multiplier Control”, *Electrical Review*, ISSN 0033-2097, R.89 NR 1a 2013, pp. 145-148, 2013.

- [2] Dj. M. Perisic, A. Zoric, S. Obradovic, Dj. Dj. Perisic, “Pulse rate averaging based on digital frequency locked loop”, *International Scientific Conference UNITECH 11, TU-Gabrovo, Gabrovo Bulgaria, proceedings*, Vol. I, pp. 1-192 — 1-195, ISSN: 1313-230X, November 2011.
- [3] Dj. M. Perisic, „Digital Frequency Subtractor and/or Adder based on a version of a Hybrid Frequency-Locked Loop,“ *Electronics Letters*, vol. 17, pp 28-29, 1981.
- [4] Dj. Perisic, A. Zoric, S. Obradovic, P. Spalevic, “Application of Frequency Locked Loop in Consumption Peak Load Control”, *Electrical Review*, ISSN 0033-2097, R.88 NR 1b 2012, pp. 264-267, 2012.
- [5] Dj. Perišić, A. Žorić, S. Obradović, Dj. Dj. Perišić, “Digital decoding of energy state in consumption control”, *International Scientific Conference UNITECH'11, Technical University-Gabrovo, Bulgaria, proceedings*, Vol. I, pp. 1-192 – 1-195, ISSN: 1313-230X, Nov. 2011.
- [6] D. Jovcic, “Phase locked loop system for FACTS”, *IEEE Transaction on Power System*, Vol. 18, pp. 2185-2192, August 2003.
- [7] A. M. Raičević, B. M. Popović, “PLL as the Frequency Synthesizer with Continuous Phase Divider”, *Electronics and Electrical Engineering - Kaunas: Technologija*, No. 5(93), pp. 47–50, 2009.
- [8] Ching-Che Chung, “An all-digital phase-locked loop for high speed clock generation”, *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 38, Issue 2, pp. 347-359, 2003.
- [9] D. Abramovitch, “Phase-locked loops: a control centric tutorial”, *American Control Conference-2002, Proceedings of 2002*, Vol 1, pp. 1-15, 2002.
- [10] Craig Peacock, “Interfacing the Extended Capabilities Parallel Ports”, <http://www.senet.com.au>, pp 1-9, 2 000.
- [11] Craig Peacock, “Using Interrupts”, <http://www.senet.com.au>, pp 1-18, 1998.
- [12] Craig Peacock, “Interfacing the Serial/RS232”, <http://www.senet.com.au>, pp 1-40, 1 998.
- [13] A. Agarwal, J. Lang, “Foundation of Analog and Digital Electronic Circuit”, Denise E. M. Penrose, San Francisco, USA, 2005, pp. 984.
- [14] Giovanni Bianchi, “Phase-Locked Loop Synthesizer Simulation”, Nc-Hill, Inc. New York, USA, 2005.
- [15] Gardner F. M., “Phase-lock techniques”, Hoboken, Wiley-Interscience, 2005.
- [16] Charles B. Fledderman, “Introduction to Electrical and Computer Engineering”, Prentis Hall, 2002.
- [17] M. Contu, “Delphy 2010, Handbook” – Winteh Italia, Srl, Italy, pp. 318, 2010.

## VIII. ABSTRACT

In this article a realized system for peak load control of large electricity consumers is described. The introductory part is devoted to a brief description of the development progress of this system, which is based on the principle of a frequency locked loop. Particular significance in this description was given to the new approaches on which the work of this system is based, then to the functionality of the system and to the achieved effects in the application. The monitor diagrams of the maxi-graph flow in the real time, recorded on the realized system, are presented. The prediction of the future maxi-graph flow, realized by the corresponding software predictor is shown.

**SYSTEM FOR ELECTRICITY PEAK LOAD CONTROL**  
Djurdje Perišić, Aleksandar Žorić, Slobodan Obradović