

OTKRIVANJE NEOVLAŠĆENOG KORIŠĆENJA ELEKTRIČNE ENERGIJE POMOĆU STATISTIČKOG METODA POKRETNIH SREDINA

ELECTRICITY THEFT DETECTION USING STATISTICAL MOVING AVERAGE METHOD

Josif SPIRIĆ, honorarni konsultant, Leskovac, Srbija
Slobodan STANKOVIĆ, Tehnički centar Niš, EPS

KRATAK SADRŽAJ

Kvalitet korišćenja distributivnog sistema se ogleda u zaštiti od korišćenja električne energije bez plaćanja. Uspostavljanje ovog tipa kvaliteta svakako bi uticalo na kontrolu i smanjivanje netehničkih gubitaka. Predmet rada je jedan od načina detekcije sumnjivih kupaca u pogledu neovlašćenog korišćenja električne energije sa mreže niskog napona. Osnova za to je statistička kontrola procesa (SPC) korišćenja električne energije. Koristi se MA (moving average) statistički metod pokretnih sredina procesa za indikaciju neprirodnih profila potrošnje registrovanih kupaca.

Ključne reči: Proces, Vremenska serija, Netehnički gubici, Sumnjiv kupac, autlajer

ABSTRACT

The quality of using the distribution system is reflected in the protection against using electricity without payment. Establishing this type of quality would certainly have the effect of controlling and reducing non-technical losses. The subject of this paper is one of the ways of detecting suspicious customers regarding the fraud of electricity on a low voltage network. The basis for this is the statistical process control (SPC) of electricity use. The moving average statistical method is used to indicate unnatural consumption profiles of registered customers.

Keywords: Process, Time Series, Non-technical Losses, Suspicious Customer, Outlier

Josif Spirić, honorarni konsultant, Leskovac, Srbija, +381648367600, e-mail: josif.vspiric@gmail.com
Slobodan Stanković, Tehnički centar Niš, EPS, +381648367635 e-mail: slobodan.stankovic@eps.rs

UVOD

Predmet ovog rada su netehnički gubici električne energije W_{NTL} u mreži niskog napona, na koju su u dominantnom broju priključeni kupci iz kategorije „domaćinstva“. Pretpostavlja se da na posmatranoj mreži ne postoje „divlji priključci“ neregistrovanih kupaca. Ovo iz razloga što je ove priključke lako identifikovati i otkloniti uz prisustvo odgovorne kontrole mreže.

Netehnički gubici usled namernih dejstava kupaca da smanje registrovanu energiju, nastaju u najvećoj meri zbog priključivanja dela svojih instalacija ispred svojih mernih ormana, zbog otvaranja i delovanjem na veze u njima i delovanjem na brojila energije stranim magnetnim poljem. Prisutna su nelegalna hardverska i softverska delovanja nad mikroprocesorskim brojilima u cilju lošeg pokazivanja izmerene energije. Treba imati u vidu i namerna pogrešna očitavanja brojila.

I pored stalno prisutnog smanjenja netehničkih gubitaka na distributivnoj mreži Srbije postoje oblasti sa još uvek nedopustivo velikim netehničkim gubicama u kojima dominiraju upravo gubici na niskonaponskoj mreži. Tako u 2018 godini u ogranku Niš ukupni procentualni gubici iznose 19.54%, u ogranku Vranje 22.01% i u ogranku Novi Pazar 34.82% [1].

Uglavnom je prihvaćena podela kvaliteta u elektrodistributivnoj delatnosti na kontinuitet snabdevanja, tehnički kvalitet i komercijalni kvalitet. Kontinuitet snabdevanja podrazumeva pouzdanost snabdevanja sa brojem i učestanošću prekida kao indikatorima. Tehnički kvalitet podrazumeva fizičke osobine mreže sa varijacijom napona, flikerom, nesimetrijom i dr. kao indikatorima. Komercijalni kvalitet podrazumeva kvalitet usluge kupcima sa zadovoljstvom kupaca u vezi brzine odziva na zahteve, kvalitet informacija i slično kao indikatorima [2], [3].

Za smanjenje netehničkih gubitaka u praksi se najčešće koriste povremene sistemske kontrole priključaka i instalacija registrovanih kupaca. Ove kontrole uzimaju u obzir i neuredno ispunjavanje ugovornih obaveza o plaćanju preuzete energije i anonimne dojava o potencijalnom neovlašćenom korišćenju električne energije kupca. U praksi se pokazuje da je ovaj način kontrole sporadičan i da se sprovodi nesistematski. Ovaj način ima malu uspešnost koja iznosi tek nekoliko procenata, a s obzirom na malu uspešnost je i skup. Kontrola mora da se zasniva na varijaciji mesečnih, sezonskih i godisnjih potrošnji.

Netehnički gubici električne energije zahtevaju formiranje indikatora dobre ekonomskog korišćenja distributivne mreže. Indikator treba da pokaže sposobnost bezbednog puta električne energije po mreži. On treba da bude jedan od važnih faktora dobrog poslovanja kompanije.

U zemljama Južne Amerike, Afrike, Azije i zemljama Evrope koje su u tranziciji gde se evidentiraju veliki netehnički gubici, uvode se metode analize vremenskih serija kupaca ne samo na mesečnom, već i na nedeljnom, pa i dnevnom periodu. Deo ovih metoda koristi statističku kontrolu procesa SPC (Statistical process control), kao u [4]. Jako su prisutne i supervizorske metode. Jedna od njih [5] u Maleziji koristi SVM (Support vector machine) radi na osnovu statističkog učenja i zasnovana je na tehnikama optimizacije. U radu [6] prezentuje se korišćenje neuronskih mreža u jednoj kompaniji u Brazilu. Nalaženje sumnjivih kupaca može da se realizuje i upotrebom grubih skupova [7] i fuzzy skupova [8]. U ovom radu se prezentuje kogučnost korišćenja metoda pokretnih sredina MA (Moving average).

METOD POKRETNIH SREDINA

U ovom radu detaljno će biti obrađeno praćenje i analiza vremenske serije registrovane potrošnje električne energije kupaca pomoću metoda MA (moving average) pokretnih sredina procesa. U literaturi se sreće i kao kontrolna karta pokretnih sredina (The Moving Average Control Chart) [9], [10].

Obeležje procesa potrošnje električne energije kupca je registrovana električna energija, čija će se vrednost u mesecu t označiti sa X_t . Ukupan broj meseci vremenske serije je n . Neka se formira podgrupa od prvih u nizu v elementarnih podataka o energiji kupca X_1, X_2, \dots, X_v . Taj se postupak ponavlja sa nizom podataka $X_2, X_3, \dots, X_v, X_{v+1}$ druge podgrupe i tako dalje preko i -te podgrupe $X_i, X_{i+1}, \dots, X_{i+v-1}$, pa sve do poslednje $n - v + 1$ podgrupe. Pokretna sredina i -te podgrupe za $i \geq v$, nalazi se prema

$$M_i = \frac{X_i + X_{i-1} + \dots + X_{i-v+1}}{v} = \frac{1}{v} \sum_{j=i-v+1}^i X_j; \quad i \geq v \quad (1)$$

Prvih $v - 1$ vrednosti pokretnih sredina za $i < v$, vrednosti M_i računaju se prema

$$M_i = \frac{X_i + X_{i-1} + \dots + X_{i-v}}{i} = \frac{1}{i} \sum_{i=1}^{i-v} X_i; \quad i < v \quad (2)$$

Sredina svih pokretnih sredina M_i je $\mu_0 = \sum_{i=1}^n M_i / n$. Sredina svih originalnih vrednosti X_i je $\mu_X = \sum_{i=1}^n X_i / n$. Za velike vrednosti n i vrednosti $v > 3$, razlika između μ_0 i μ_X je veoma mala.

Varijansa pokretnih sredina M_i je za $i \geq v$

$$V(M_i) = \frac{\sigma^2}{v} \quad (3)$$

Tri – sigma kontrolni limiti UCL (gornji kontrolni limit) i LCL (donji kontrolni limit), kao i sredina CL (sredina) su karakteristike kontrolne karte metoda MA za $i \geq v$

$$UCL = \mu_0 + \frac{3\sigma}{\sqrt{v}} \quad (4)$$

$$CL = \mu_0 \quad (5)$$

$$LCL = \mu_0 - \frac{3\sigma}{\sqrt{v}} \quad (6)$$

Kontrolni limiti za vrednosti $i < v$ su

$$UCL = \mu_0 + \frac{3\sigma}{\sqrt{i}} \quad (7)$$

$$CL = \mu_0 \quad (8)$$

$$LCL = \mu_0 - \frac{3\sigma}{\sqrt{v}} \quad (9)$$

Proces je van kontrole ako se M_i iznad vrednosti UCL ili ispod vrednosti LCL .

To je jedini kriterijum, jer prepoznavanje neslučajnih uzroka prema nizovima ne vredi zbog načina formiranja pokretnih sredina od originalnih podataka serije.

Predloženi metod se primenjuje u situacijama gde se podaci o procesu skupljaju sporije u vremenu ili gde je skupljanje podataka skupo. Koriste se i kada postoji interes za trend performanse procesa u vremenu. Sve ovo ih kvalifikuje za praćenje vremenskih serija kupaca električne energije. Pogodne su i za identifikaciju sezonskih trendova procesa. Način na koji se formiraju kvalifikuje ih da su relativno neosetljive na odsustvo normalne raspodele podataka [10].

Formiranje pokretnih sredina od originalnih podataka ne dozvoljava brzo reagovanje na neku od ekstremnih vrednosti originalnog podatka unutar podgrupe od v originalnih podataka.

Svaka naredna pokretna sredina uzima u obzir izvesno starenje podataka unutar grupe čiji je ona predstavnik. Metod sadrži svojstvo ublažavanja naglih promena na sredinama procesa.

Formiranje prethodnih karata podrazumeva proveru potrebne količine podataka ili u razmatranom slučaju dužinu vremenske serije. Da bi se dobile precizne kontrolne granice, potrebno je imati dovoljnu količinu observacija. Zahtevana količina originalnih podataka (observacija) koja obezbeđuje stopu pogrešnog alarma manju od 1%, sa 95% nivoa poverenja iznosi najmanje 100 [11]. Ipak, često se tvrdi da je dovoljno 20-25 podataka da bi se postavile kontrolne granice [12, 13, 14]. Manji broj podataka može da dovede do razmaknutih kontrolnih granica, koje mogu da utiču na odsustvo signala alarma. Nedovoljan broj podataka može da uzrokuje i tesne kontrolne granice što može da dovede do pojave lažnog alarma. Kod primene metoda MA , pre svega, treba odabrati veličinu podgrupe v . Očigledno je da za detekciju umerenih ili većih promena treba koristiti manje vrednosti za v , jer je tada prosečna vrednost podgrupe bliža originalnim vrednostima serije. Veće vrednosti za v izazivaju sporost u donošenju odluka u slučaju već prisutne veće promene pokretnih sredina. Veće vrednosti v su korisne za identifikaciju manjih promena ili trendova u pokretnim sredinama.

U konkretnom slučaju realnih originalnih podataka o utrošenoj mesečnoj energiji kupca, zavisno od pada neke prosečne potrošnje koji upućuje na neovlašćeno korišćenje, mogu se koristiti vrednosti v između 3 i 6.

Na osnovu načina formiranja podgrupa, očigledno je da su i pokretni rasponi i pokretne sredine korelisani podaci. Ako je v uvek isti broj podataka u podgrupi, ako je l broj podgrupa koji sadrži od 1 do v zajedničkih tačaka, tada se broj zajedničkih-istih tačaka m u l podgrupa nalazi prema $m = v - l + 1$. Tako, za $v = 5$, po jednu zajedničku tačku ima pet podgrupa. Po 4 zajedničke tačke imaju 2 podgrupe, a po 3 zajedničke tačke imaju 3 podgrupe. Ovo dovoljno govori da između bliskih podgrupa serije postoji određena povezanost, jer sadrže iste originalne članove. To je razlog što na MA ne važe pravila za nizove. Zato je interpretacija ovih karata jednostavna i vezuje se samo za granične kontrolne limite definisane relacijama (6) i (8) za MA kartu.

Na broj pokretnih sredina koji mogu preći kontrolne granice može uticati i odsustvo raspodele sredina prema Gausovom zakonu. Prema Centralnoj graničnoj teoremi, praktično je osigurana normalna raspodela sredina M_i na M karti, ako veličina uzoraka formiranih od (*nezavisnih*) članova osnovne populacije ispunjava uslov $n \geq 30$. Kod [10] se veličina podgrupe smanjuje čak do veličine $v = 4$ sa tvrdnjom da i tada sredine uzorka te veličine imaju normalnu raspodelu bez obzira na raspodelu osnovne populacije.

SPECIFIČNOSTI PRIMENE METODA MA ZA DETEKCIJU NEOVLAŠĆENOG KORIŠĆENJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

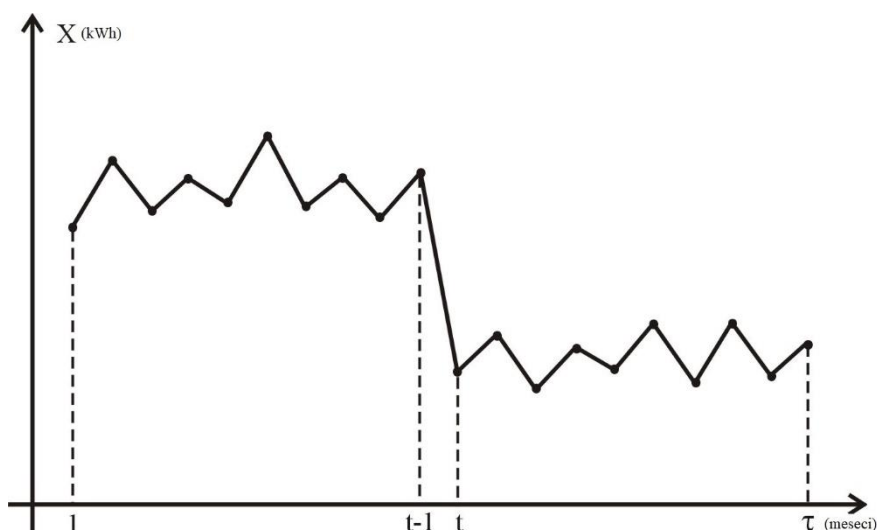
Niz zastopnih vrednosti M_i predstavlja vremensku seriju pokretnih sredina procesa, koja je formirana od originalnih iznosa mesečnih fakturiranih energija. U prethodnom odeljku je zaključeno da je proces van kontrole kada se pokretne sredine M_i veće od vrednosti UCL ili manje od vrednosti LCL . Vrednosti koje se nalaze izvan

kontrolnih granica UCL i LCL u statističkoj kontroli procesa često se nazivaju autlajerima. Oni imaju osnovno svojstvo da su udaljeni od velike većine drugih vrednosti dovoljno bliske veličine. Vrednosti autlajera uglavnom nastaju kao rezultat namernog dejstva kupca na proces korišćenja energije. Sinonim za ovakvo dejstvo je neslučajni uticaj ili faktor. Cilj ovog rada je da analizom vremenske serije prodavac dođe do zaključka o postojanju neslučajnog faktora u procesu. Logičnim indikatorima za uticaj neslučajnih faktora na razvoj vremenske serije energija mogu se smatrati nagle promene (*shifts or abrupt change*), pojava trendova (*trends or gradual change*) i stratifikacija (varijabilnost suviše mala). Autori ističu na osnovu većeg broja analiziranih vremenskih serija kupaca uhvaćenih u neovlašćenom korišćenju da ne treba isključiti i povećanje potrošnje, kao mogući indikator za sumnju. Ukoliko primenjeni metod potvrdi prisustvo neslučajnog faktora, što je ekvivalentno neovlašćenom korišćenju, kupac se smatra sumnjivim. Naročito je teško utvrditi neovlašćeno korišćenje, u slučaju kada je izvršeno neprofesionalno priključenje kupca na električnu mrežu i po pravilu se samo slučajno otkriva.

Postoji više razloga za smanjenje registrovane potrošnje u dužem periodu, koji ne treba da izazovu sumnju u neovlašćeno korišćenje električne energije kupca. To su promena korisnika domaćinstva, promena načina korišćenja stanovanja u smislu dužine boravka u njemu i/ili broja stanara, kao i promena funkcije prostora; substituisanje dela trošenja električne energije drugim izvorima energije; prelaz sa jednog na dva ili više priključaka. Pravi razlozi za delimično ili potpuno smanjenje registrovane potrošnje su nelegalno korišćenje dela energije, kada se kod aktivnih kupaca stanje na brojilu ne menja prilikom više uzastopnih čitanja, pa se u „billing“ sistemu kvalifikuju sa potrošnjom od 0kWh, neredovno očitavanje brojila kupaca ili nemogućnost da se to uradi.

U delatnosti distribucije električne energije u uslovima terenskog-nedaljinskog čitanja brojila, realna je pojava neredovnog očitavanja brojila. To uzrokuje pojavu jedne ili više nultih merenih vrednosti na serijama, koje zatim prate nagla povećanja merenih vrednosti. Zato je kod pojave neredovnog očitavanja potrebno izvršiti pripremu podataka, koja podrazumeva uprosečavanje vrednosti između neočitane ili više neočitanih vrednosti i prve naredne očitane vrednosti. Smatramo da se ne sme dozvoliti više od dva neuspesna očitavanja brojila. Konačno, nakon dva neuspesna očitavanja, prodavac mora da dešifruje razloge za to na najbolji mogući način, a to je korišćenje svih kontrolnih i pravnih mogućnosti.

Na slici 1 dat je pojednostavljeni prikaz vremenske serije na kojoj je došlo do značajnog pada u tački t . Ovde je bitno da li su pojedine vrednosti mesečnih obsevacija izvan UCL ili ispod LCL . Analizom velikog broja pojedinačnih vremenskih serija kupaca može se zaključiti da granične vrednosti UCL i LCL zavise od ukupne dužine vremenske serije od tačke 1 do tačke τ , od dužina delova serije od 1 do t i od t do τ , kao i od vrednosti razlike observacija u tačkama $t-1$ i t .



SL.1 PRIKAZ VREMENSKE SERIJE SA PADOM U TAČKI T

Ako se serija koja je počela u tački 1 analizira iz tačke τ , tada će se vršiti retrospektivna analiza istorijskih podataka iz perioda $1-\tau$ radi definisanja kontrolnih granica na osnovu kojih će se videti da li je proces bio pod kontrolom (nije bilo neslučajnih faktora) ili je bio van kontrole (bilo je neslučajnih faktora). U slučaju da je proces bio pod kontrolom, smatraće se da kontrolne granice u ovoj fazi mogu da budu osnova za dalje praćenje procesa, a koje počinje u tački $\tau+1$. U slučaju da se ustanovi da proces nije bio pod kontrolom, ova tvrdnja se

proverava na terenu i ako je ona ispravna, isključenjem kupca dolazi se do situacije (nakon eventualnog ponovnog uključenja) da se nadalje prati nova vremenska serija kupca.

Koliko treba da traje meritoran period u kome se sprovodi analiza pada potrošnje? U [15, 16] koristi se period od 24 meseca. Isti izvori daju i model izgleda dijagrama pre i posle otkrivanja neovlašćenog korišćenja električne energije, odnos prosečne energije pre i posle kao i trajanje naglog i postupnog pada energije. Ovo je moguće sprovoditi samo u slučaju poklapanja početka vremenske serije i početka analize iste serije.

INDIKATOR DOBROTE KORIŠĆENJA MREŽE NISKOG NAPONA

U ukupnim tehničkim gubicima jednog zaokruženog distributivnog sistema od napona 110 kV do napona 0.4 kV najveće je učešće tehničkih gubitaka na niskom naponu (NN). Najviše napada u cilju neovlašćenog korišćenja se desava na mreži NN, a pre svega ispred mernih mesta i na samim mernim mestima. Ovo je logično, jer postoji veliki broj mernih mesta i njihova velika razuđenost. Zato je i predmet ovog rada smanjenje netehničkih gubitaka na mreži NN. Za jednu transformatorsku stanicu TS X/0.4 kV/kV netehnički gubici W_{NTL} predstavljaju razliku ukupno plasirane energije sa praga te stanice W_{uk} u pretpostavljenu mrežu NN i zbira fakturisanih energija kupaca priključenih na tu stanicu W_f i energije tehničkih gubitaka

$$W_{NTL} = W_{uk} - (W_f + W_l) \quad (10)$$

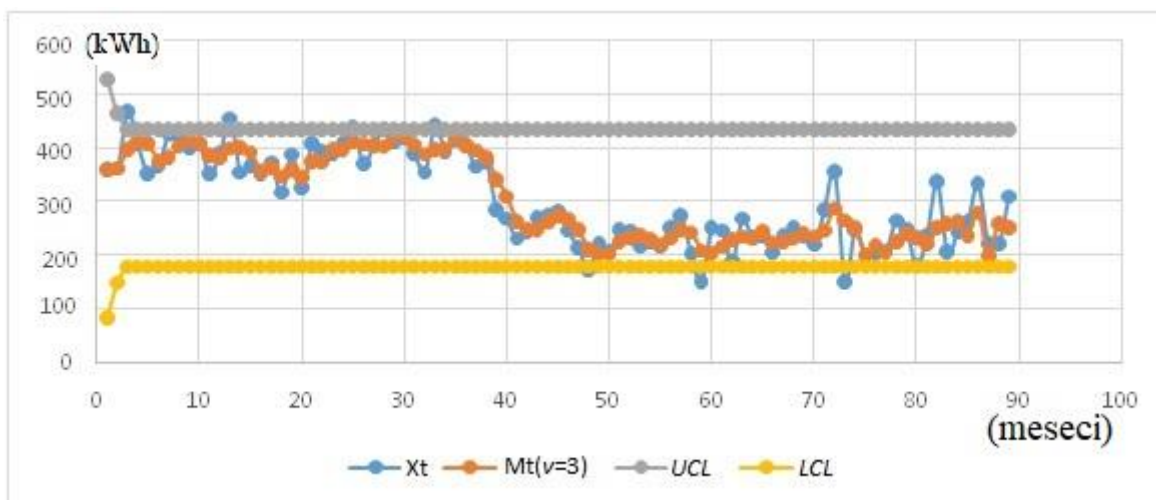
Vrednost W_{uk} može da bude poznata za određeni period od mesec dana, periode zimske i letnje sezone i perioda od godinu dana. Takođe za odgovarajuće periode poznata je i fakturisana energija kupaca W_f . Nekom od metoda za računanje gubitaka W_l treba naći tehničke gubitke na mreži NN. Najlakše je iznos gubitaka odrediti za period od godinu dana, jer oni predstavljaju jednu od značajnih performansi mreže. Zbog toga su i mnogi radovi, pa i formule za gubitke u njima koncipirane za godišnje periode. Ipak, u praksi se pribegava pojednostavljenju koje se sastoji u određivanju W_l preko usvajanja normiranih procentualnih gubitaka $w_{l,norm}(\%)$. Ovaj izbor treba izbegavati u situacijama kada je evidentno da realna vrednost $w_{l,norm}(\%)$ značajno odstupa od usvojene vrednosti. Mera povećanja netehničkih gubitaka zbog prisustva neovlašćenog korišćenja na mreži može se izraziti prema:

$$d_p(\%) = \frac{W_{NTL}}{W_l} \cdot 100 \quad (11)$$

Gornja relacija može se koristiti i za mreže NN koje se napajaju sa većeg broja stanica SN/NN. Gornja relacija za d_p može da bude univerzalni indikator dobrote korišćenja distributivne mreže na niskom naponu. Autori uvode termin indikator dobrote korišćenja mreže, ali ovaj indikator ima svojstvo i bezbednog puta energije po mreži.

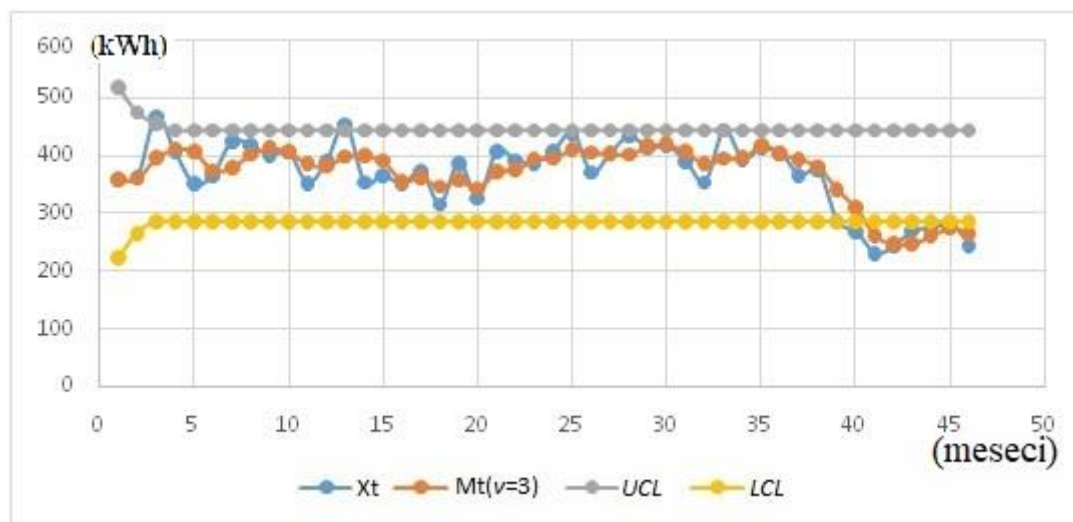
PRIMER

Na sl.2a. dat je prikaz statistike pokretnih sredina M_t jednog kupca na osnovu statistike X_t originalnih vrednosti očitanih mesečnih energija za period od 89 meseci za broj podataka u grupi $v = 3$. Plavim tačkama se prikazuje statistika X_t , a crvenim statistika M_t . Sve vrednosti M_t nalaze se unutar kontrolnih limita UCL i LCL odnosno da kupac u celom periodu nije bio sumnjiv.



SL.2A VREMENSKA SERIJA ZA PERIOD OD 89 MESECI

Na sl.2b dat je pogled na vremensku seriju za period od 46 meseci. Vidi se da posle 40 tog meseca dolazi do pada vrednosti M_t ispod donjeg kontrolnog limita LCL što ukazuje da je proces prestao da bude stabilan. Istovremeno to postaje alarm za sumnju u neovlašćeno korišćenje, jer je čak 6 vrednosti M_t ispod vrednosti LCL .



SL.2B VREMENSKA SERIJA ZA PERIOD OD 46 MESECI

Tek nakon 55-og meseca, sve vrednosti M_t dolaze u zonu stabilnosti procesa. Nakon ove dužine perioda prestaje status sumnje za kupca sve do 89-og meseca kako se vidi na sl. 2a.

Ovaj primer je i prezentacija ne samo metode, već i sl.1 koja govori o tome da je važno analizirati retrospektivne podatke za svakog kupca, jer nakon značajne promene na dijagramu M_t koja ukazuje na sumnju, posle izvesnog vremena ta sumnja se gubi. Međutim, prodavcu nakon ovakvog saznanja ostaje mogućnost provere priključka na lokaciji kupca.

ZAKLJUČAK

Predloženi metod ima tri dobre osobine koje ga kandiduju za detekciju sumnjivih kupaca energije. Prva je sposobnost povećanja neosetljivosti na raspodelu podataka koja nije strogo normalna. Druga je smanjenje broja autlajera zbog izravnjanja osnovne statistike. Treća je mogućnost da ne zahteva sinhroni rad sa nekom od drugih metoda SPC.

Bilo koja metoda SPC treba obavezno da se naslanja na vrednost netehničkih gubitaka na posmatranoj mreži niskog napona. U tom smislu mora se imati ukupna količina energije koja je plasirana u posmatranu mrežu za posmatrani period, kao i izračunata ili procenjena energija tehničkih gubitaka.

Poruka ovog rada je i da je značajna analiza vremenskih serija sa retrospektivnim podacima. Primer jasno ukazuje da zbog nepostojanja prakse pravovremenog monitoringa vremenskih serija, nakon statusa sumnje u nekom periodu, može doći do statusa gubitka sumnje.

LITERATURA

1. Godišnji izveštaj ODS za 2018 godinu, Beograd.
2. Richard E. Brown, 2002, „Electric Power Distribution Reliability“, New York, Basel, 2002 by Marcel Dekker, Inc.
3. K.Petrov, D.Grote, 2010, „Quality of Supply Regulation Tarrif“, Budapest 2010.
4. Spirić JV, Stanković SS, Dočić MB, 2016, „Determining a set of suspicious electricity customers using statistical ACL Tukey’s control chart method“, „International Journal Electric Power and Energy Systems“, 83, 402–10
5. Jawad Nagi, Keem Siah Yap, Sieh Kiong Tiong, *Member, IEEE*, Syed Khaleel Ahmed, *Member, IEEE*, and Malik Mohamad, 2010, „Nontechnical Loss Detection for Metered Customers in Power Utility Using Support Vector Machines“, „IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY“, VOL. 25, NO. 2,
6. Breno C. Costa, Bruno. L. A. Alberto, André M. Portela, W. Maduro, Esdras, O. Eler, 2013, „FRAUD DETECTION IN ELECTRIC POWER DISTRIBUTION NETWORKS USING AN ANN-BASED KNOWLEDGE-DISCOVERY PROCESS“, „International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAA)“, Vol. 4, No. 6,
7. Spirić J.V. Stanković S.S, Dočić M.B, Popović T.D., 2014, „Using the rough set theory to detect fraud committed by electricity customers. Electrical Power Energy Systems 2014“, 62, 727–34.
8. Josif V. Spirić, Slobodan S. Stanković, Miroslav B. Dočić, 2018, „Identification of suspicious electricity customers“, *Electrical Power and Energy Systems* 95 (2018) 635–643.
9. D. C. Montgomery, 2009, “Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition”, Arizona State University, *John Wile & Sons, Inc.*, Arizona, USA, 2009.
10. J.S.Oakland, 2003, “Statistical Process Control”, Butterworth Heinemann, Oxford 2003.
11. R. M. Khan, 2013 “Problem Solving and Data Analysis using Minitab”, *John Wiley & Sons, Ltd.*, Chichester, UK, 2013.
12. Mohammed MA, Worthington P, Woodall WH., 2008, Plotting basic control charts: tutorial notes for healthcare practitioners. Birmingham, UK: Department of Public Health and Epidemiology, University of Birmingham
13. George E, Janiszewski S. Applying six sigma and statistical quality control to optimizing software inspections. ITRA, PS&J Software Six Sigma; 2002.
14. Wheeler DJ.,2004, Advanced topics in statistical process control: the power of Chewhart’s charts. Knoxville.
15. I. Monedero, F. Biscarri, C. León, J. I. Guerrero, J. Biscarri, R. Millán, 2012 „Detection of frauds and other non-technical losses in a power utility using Pearson coefficient, Bayesian networks and decision trees“, *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 34, pp. 90-98, 2012.
16. I. Monedero, F. Biscarri, C. León, J. Biscarri, R. Millán, 2012, MIDAS: “Detection of Non- technical Losses in Electrical Consumption Using Neural Networks and Statistical Techniques”, *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Departamento de Tecnología Electrónica*, Avda, Seville, Spain, 2012.