АНАЛИЗА ВРЕМЕНА ПРОВЕРЕ РЕГИСТАРА АКТИВНЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ И ГРЕШКЕ ОЧИТАВАЊА ЕЛЕКТРИЧНИХ БРОЈИЛА ПРИ РАЗЛИЧИТИМ НАЧИНИМА ПОДЕШЕЊА ПРЕНОСНИХ ОДНОСА МЕРНИХ ТРАНСФОРМАТОРА У БРОЈИЛИМА

ANALYSIS OF TIME OF CHECKING OF ACTIVE ELECTRICAL ENERGY REGISTERS AND READING ERRORS OF ELECTRICITY METERS AT DIFFERENT WAYS OF SETTINGS THE INSTRUMENT TRANSFORMERS RATIOS IN THE METERS

Ђорђе ДУКАНАЦ, Акционарско друштво „Електромрежа Србије“, Београд, Србија, djordje.dukanac@ems.rs

КРАТАК САДРЖАЈ

У овом раду разматраће се трофазна електрична бројила која подлежу законској контроли за четворожични прикључак са три мерна система, класе тачности 0,2 S, назначеног међуфазног напона 110 V и за назначену струју 1 A за прикључење преко мерних струјних и напонских трансформатора. Бројила електричне енергије класе 0,2 S високе су тачности и користе се у разводним постројењима, трансформаторским станицама и електранама. Време провере регистара ових бројила, приликом прве, ванредне или периодичне контроле и овере, према важећим прописима повећано је почев од 23.12.2016. То је посебно изражено за случај када су ова бројила подешена за показивање измерене активне електричне енергије у kWh, израчунате на основу напона и струја са секундарних страна напонских и струјних мерних трансформатора, респективно. Тада су израчуната времена провере регистара најдужа. При томе, мисли се на електрична бројила код којих не постоји могућност пребацивања на испитни режим рада за привремени приказ активне електричне енергије са резолуцијом на више од три децималних места. На многим мерним местима у различитим постројењима у Републици Србији има доста монтираних и старих и нових електричних бројила без испитног режима за скраћење времена испитивања тачности показивања бројила. На тај начин доста је повећано и укупно време испитивања бројила класе 0,2 S чиме је такође повећано и укупно време рада контролног особља и мерне опреме, односно повећани су трошкови првог, периодичног и ванредног контролисања таквих електричних бројила. Поред тога, уопште при употреби електричних бројила у раду у постројењу подешених за показивање активне енергије са секундарне стране са тачношћу на три децимална места у kWh, постоја̂ће додатна грешка при очитавању активне електричне енергије и надаље при прорачуну енергије губитака.
У овом раду анализирају се мане подешавања електричних бројила за показивање секундарне активне електричне енергије у kWh са гледишта времена њиховог испитивања у лабораторији и појаве грешке у очитавању при њиховом коришћењу у постројењима и образлаже се разумнији приступ.

Кључне речи: електрично бројило, провера регистра, грешка очитавања, активна енергија, мерни трансформатори.

ABSTRACT

In this paper, it will consider three-phase electricity meters for four-wire connection with three measuring systems of accuracy class 0.2 S that are subject to legal control, rated line voltage 110 V and for rated current 1 A for connection via current and voltage instrument transformers. 0.2 S class electricity meters are of high accuracy and are used in in switchyards, transformer substations and power plants. The time of checking the registers of these meters, during the first, extraordinary or periodic control and verification, according to the valid regulations, has been increased starting from December 23, 2016. This is especially pronounced for the case when these meters are set to show the measured active electrical energy in kWh calculated on the basis of voltages and currents from the secondary sides of voltage and current measuring transformers, respectively. Then the calculated times of checking the registers are the longest. This refers to electric meters for which there is no possibility of switching to the test mode for temporary display of active electrical energy with a resolution of more than three decimal places. At many measuring points in various plants in the Republic of Serbia, there are a lot of installed old and new electric meters without a test regime to shorten the time of testing the accuracy of meter readings. In this way, the total testing time of the meters of class 0.2 S has been significantly increased, which also increased the total working time of control staff and measuring equipment, i.e. the costs of the first, periodic and extraordinary control of such electric meters have been increased. In addition, in general, when using electric meters in operation in the plant, set to show active energy from the secondary side with an accuracy of three decimal places in kWh, there will be an additional error in reading active electricity and further in the calculation of energy losses.

This paper analyzes the shortcomings of adjusting electric meters for indicating secondary active electrical energy in kWh from the point of view of the time of their testing in the laboratory and the occurrence of reading errors during their use in plants and explains a more reasonable approach.

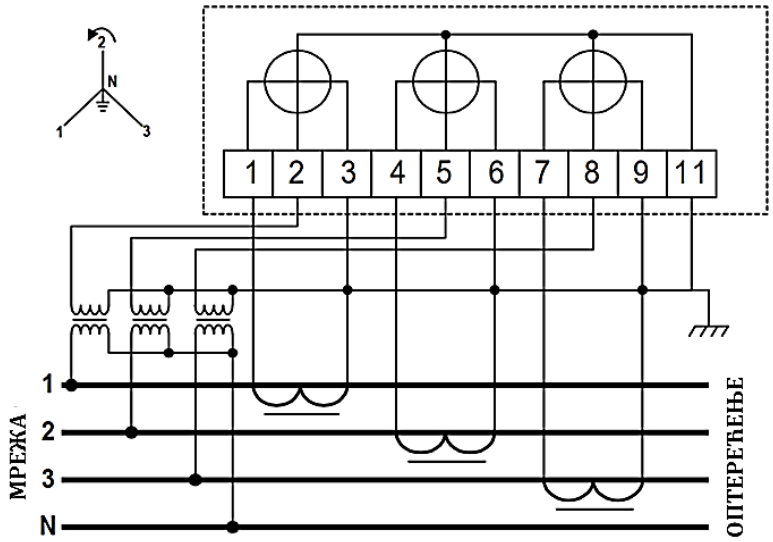
Key words: electricity meter, register check, reading error, active energy, instrument transformers.

УВОД

Неки од разлога за замену постојећих електромеханичких бројила са паметним електричним бројилима са даљинским очитавањем потрошње електричне енергије у земљама Европске уније и у Србији су: уштеда електричне енергије, повећање енергетске ефикасности, спречавање крађе електричне енергије, али и чињеница да енергетски ресурси нису неисцрпни. Између 2018. и 2023. године очекује се да ће стопа продора паметних бројила електричне енергије у Европској унији порасти са приближно 44 % на 71 %.

Електрично бројило је намењено мерењу активне и реактивне електричне енергије, максимума средње снаге, тренутних вредности снаге, струја, напона и учестаности. Паметна бројила поред мерења активне и реактивне електричне енергије и снаге у стандардној класи тачности имају могућност даљинског очитавања и двосмерну комуникацију између бројила и базне станице. Паметним бројилима омогућено је даљинско укључивање и искључивање, откривање неовлашћених радњи, профилисање оптерећења за бољу корисничку услугу и поуздано напајање, обавештавање о прекидима напајања и имају могућност вишеструких тарифа. Подаци о потрошњи струје постају сасвим доступни, а увид у потрошњу омогућава и бољу процену, те ефикасније планирање производње и дистрибуције електричне енергије.

На слици 1. приказана је шема веза за трофазно бројило за четворожични прикључак са три мерна система које се уобичајено користи у постројењима. Ова електрична бројила прикључена су на електричну мрежу преко напонских и струјних мерних трансформатора и мере активну и реактивну електричну енергију из струја и напона на секундарним странама струјних и напонских мерних трансформатора.



Слика 1. – Шема веза трофазног бројила за четворожични прикључак са три мерна система.

Паметно бројило се обично састоји од следећих основних делова:

- Напонских и струјних давача;
- Напајања;
- Јединице за мерење енергије;
- Микроконтролера;
- Комуникацијског међусклопа;
- Сата стварног времена ($Real\ time\ clock$).

ИСПИТНИ РЕЖИМ

Многа електрична бројила немају могућност пребацивања у испитни режим са могућношћу скраћеног испитивања тачности показивања вредности из регистара електричне енергије.

У испитном режиму (енг. $test\ mode$) приказују се испитна очитавања без утицаја на вредности података постојеће потрошње и обрачуна енергије у мерилу. Краћи интервали мерења електричне енергије могу да се користе у испитном режиму како би се смањило захтевано време испитивања и они неће да ремете податке о обрачуну. Када се настави прекинути нормални режим, очитавања снимљена током испитног режима биће одбачена и биће враћене вредности података потрошње и обрачуна постојеће енергије.

На слици 2. приказана су два бројила електричне енергије (*А* и *Б*) класе 0,2 S: а) без и б) са могућношћу рада у испитном режиму.



а)



б)

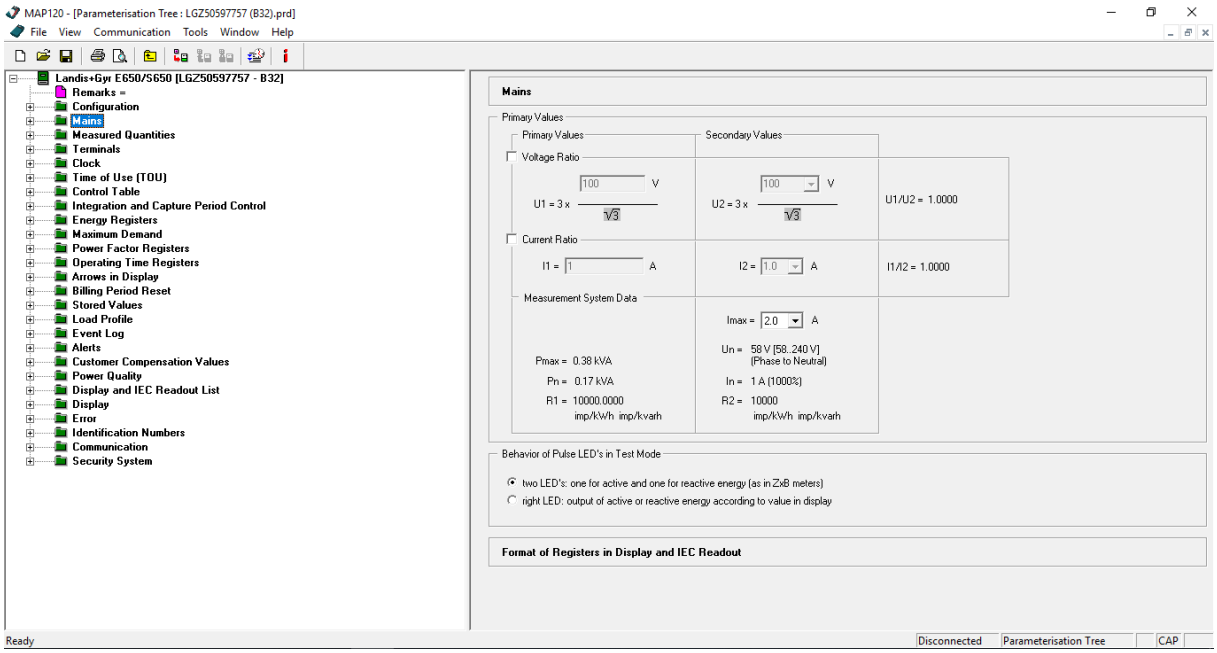
Слика 2. – Бројила електричне енергије (*А* и *Б*) класе 0,2 S: а) без могућности и б) са могућношћу привременог рада у испитном режиму.

ПОДЕШАВАЊЕ БРОЈИЛА

Паметно електрично бројило помоћу одговарајућег услужног програма може да се подеси од стране овлашћеног лица за будућу употребу. Сагласно одобреном нивоу приступа могу да се подешавају многе битне особине електричног бројила (нпр. тип везе (трожично или четворожично бројило), називни напон, датум, време, преносни односи струјних и напонских мерних трансформатора, константе оптичких давача, константе импулсних давача за даљинско мерење, физичка адреса, тарифни ставови, формати регистара енергије и снаге, обрачунска јединица, садржај обрачунских величина, комуникациони параметри итд.).

Трофазна четворожична паметна бројила која су прикључена на електричну мрежу преко напонских и струјних мерних трансформатора и мере електричну енергију из струја и напона на секундарним странама тих мерних трансформатора могу да буду тако подешена да резултате измерене енергије приказују на свом екрану као стварно измерену енергију на секундарима или на примарима струјних и напонских мерних трансформатора. Када је бројило „секундарно“ подешено, тако да се на екрану бројила приказују секундарне вредности енергије (по тарифама и смеровима струје) које су измерене на основу струја и напона на секундарним странама стујних и напонских мерних трансформатора, трансформаторски односи у бројилу подешени су као једнаки 1A:1A и $100/\sqrt{3}$V:$100/\sqrt{3}$V, респективно. Јединица мерења електричне енергије у том случају обично је подешена у kWh. На слици 3. приказана је картица за унос преносних односа струјних и напонских мерних трансформатора за случај „секундарно“ подешеног бројила Б.

Када је бројило „примарно“ подешено за показивање стварне вредности енергије измерене са примарних страна мерних трансформатора, трансформаторски односи у бројилу подешени су у складу са одговарајућим називним преносним односима мерних трансформатора. Јединица мерења електричне енергије у том случају обично је подешена у MWh.



Слика 3. – Картица услужног програма за бројило B у којој је, сагласно одобреном нивоу приступа, могуће од стране овлашћеног лица да се подесе преносни односи струјних и напонских мерних трансформатора. Приказан је случај „секундарно“ подешеног бројила где су трансформаторски односи у бројилу подешени као једнаки 1A:1A и $100/\sqrt{3}$V:$100/\sqrt{3}$V.

ПРОВЕРА РЕГИСТАРА

Провера тачности показивања регистара бројила активне електричне енергије класе тачности 0,2 S назначеног међуфазног напона 110 V и за назначену струју 1 A отежана је доношењем новог Правилника о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S (објављеног у „Службеном гласнику РС“, бр. 104/2016) [1]. Овај посебан Правилник за бројила класе 0,2 S заменио је Метролошко упутство за оверавање електронских (статичких) вишефункцијских бројила електричне енергије (објављено у Гласнику Завода за мере и драгоцене метале, бр. 1/2007) [2]. Старо Метролошко упутство је и даље у употреби за електрична бројила класе тачности 0,5 S.

Према старом Метролошком упутству време трајања провере бројчаника треба да се изабере тако да се однос вредности енергије коју региструје бројчаник бројила и вредност енергије која се добије множењем константе давача импулса и броја импулса које је регистровао бројач импулса прикључен на давач импулса за даљинско мерење, може да одреди са тачношћу која је најмање 4 пута већа од класе тачности испитиваног бројила, за сваки бројчаник.

Према важећем Правилнику [1], у Прилогу 3: „Оверавање бројила“, под тачком 7. „Провера регистра“ задата је једначина за најмању енергију потребну за проверу регистра, изражену у ватчасовима:

$$E_{\text{мин.}} = \frac{1000 \cdot R}{b} \tag{1}$$

где су:

R – резолуција регистра енергије,

b – највећа дозвољена грешка у процентима.

Ова једначина изведена је из услова да разлика између задате енергије и очитане енергије на регистру не може бити већа од $\frac{1}{10}$ дозвољене грешке при назначеним вредностима. Она је дословно преузета из Међународне препоруке $OIML\ R$ 46-1/-2 из 2012. године [3], издате од стране Међународне организације за законску метрологију ($OIML$) са седиштем у Француској, чији је члан и Република Србија.

Према једначини (1), у случају „секундарно“ подешених електричних бројила са регистрима енергије са резолуцијом на 3 децимална места у киловатсатима (0,001 kWh) најмања енергија која је потребна да протекне кроз бројило ради провере регистра електричног бројила класе 0,2 ($b = 0{,}2$ %) је:

$$E_{\text{мин.}} = \frac{1000 \cdot R}{b} = \frac{1000 \cdot 0{,}001\ kWh}{0{,}2} = 5\ kWh \tag{2}$$

Према резултату из једначине (2), за „секундарно“ подешена електрична бројила за назначену струју 1 A, највећу струју 2 A и назначени међуфазни напон 100 V, за чисто време провере регистра енергије добија се:

$$t_{\text{мин.}} = \frac{E_{\text{мин.}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{макс.}} \cdot U} = \frac{5\ kWh}{\sqrt{3} \cdot 2\ \text{A} \cdot 100\ V} = 14{,}434\ h = 14\ h\ 26\ min \tag{3}$$

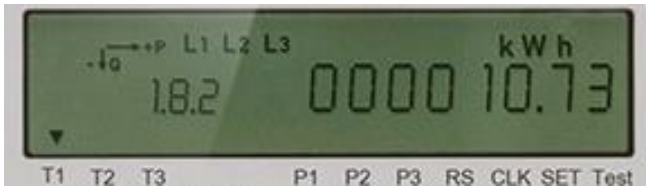
Дневни рад у оволиком трајању не може да се прописано организује са једним контролором, јер према Закону о раду [4] (објављеном у Службеном гласнику РС број 95/2018) запослени има право на дневни одмор у непрекидном трајању најмање 11 сати у оквиру 24 h у случају прерасподеле радног времена (чланови 57. и 66.), док је прековремени рад ограничен на 12 сати (чланови 53. и 66.). С друге стране, један овлашћени контролор за оверу бројила ставља свој жиг на бројило по завршетку свих испитивања прописаних према Правилнику о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S.

Јасно је да ће у случају резолуције регистра енергије на 2 децимална места ово време да буде 10 пута дуже, док ће за резолуцију регистра енергије на 4 децимална места ово време да буде 10 пута краће.

Када је електрично бројило подешено, што је најчешћи случај, за показивање енергија за две тарифе, потребно је да се посебно провере два регистра активне електричне енергије, а укупно време провере регистара је 28 *h* 52 *min*.

Када електрично бројило треба да буде подешено да поред рада у две тарифе бележи измерену енергију у два смера (од извора ка кориснику и обрнуто), онда морају да се посебно провере четири регистра активне електричне енергије, а укупно време провере тих регистара је 57 *h* 44 *min*.

На слици 4 приказан је екран трофазног, четворожичног бројила *Б* на коме је приказана тренутна вредност активне електричне енергије у другој тарифи са резолуцијом показивања енергије на два децимална места у киловатчасовима.



Слика 4. – Екран бројила *Б* на коме је приказана тренутна вредност активне електричне енергије у другој тарифи са резолуцијом показивања енергије на два децимална места у киловатчасовима.

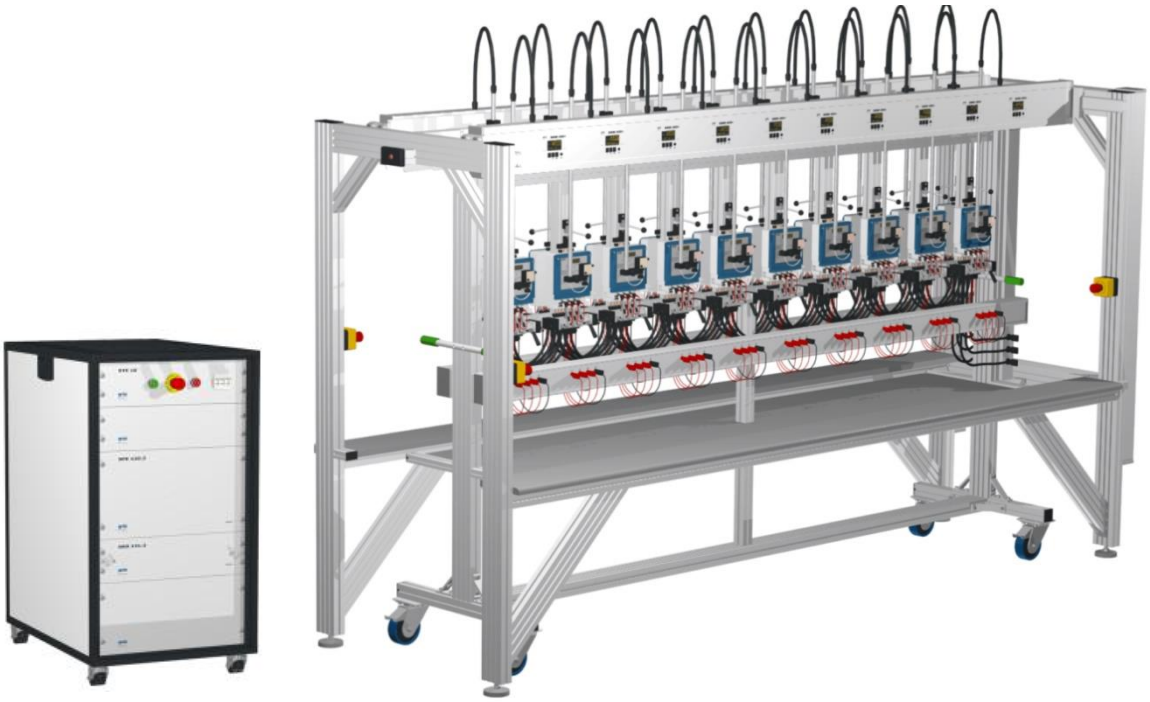
На слици 5 види се приказ екрана трофазног, четворожичног бројила *Б* на коме је приказана тренутна вредност активне електричне енергије у првој тарифи са резолуцијом показивања енергије на три децимална места у мегаватчасовима.



Слика 5. – Екран бројила *Б* на коме је приказана тренутна вредност активне електричне енергије у првој тарифи са резолуцијом показивања енергије на три децимална места у мегаватчасовима.

У Чешкој Републици, сталној чланици $OIML$-а и Европске уније, важе „Опште мере које се тичу метролошких и техничких захтева за законски контролисане мерне инструменте укључујући методе испитивања за потврду типа и оверу законски контролисаних мерних инструмената: електрична бројила“, број 0111-OOP-C022-18, које су ступиле на снагу 28.3.2019. године [5]. Тамо пише да се за бројила класе тачности 0,2 S услови испитивања поједностављују. Услов је да разлика између задате и очитане енергије не сме да буде већа од ¼ дозвољене грешке (тачка 7.7 страна 33 [5]). Допушта се примена струја у опсегу од назначене до највеће струје за дато електрично бројило. Ово значи 2,5 пута мање време испитивања тачности показивања бројача у случају бројила активне електричне енергије класе тачности 0,2 S у односу на време прописано домаћим Правилником о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S [1].

На слици 6. приказан је стационарни испитни систем за електрична бројила на коме се спроводи и провера регистара. Он се састоји од трофазног електричног извора и трофазне станице.



Слика 6. – Стационарни систем за испитивање електричних бројила.

Као пример, сматраће се да су преносни односи напонског и струјног мерног трансформатора:

$$n_U = \frac{110000\ V}{100\ V} = 1100 \quad \text{и} \quad n_I = \frac{1500\ A}{1\ A} = 1500 \tag{4}$$

Њихов производ износи:

$$n_T = n_U \cdot n_I = 1100 \cdot 1500 = 1{,}65\ \cdot 10^6 \tag{5}$$

Према једначини (1), у случају „примарно“ подешених електричних бројила са регистрима енергије са резолуцијом на 2 децимална места у мегаватсатима ($0{,}01\ MWh$) најмања енергија која је потребна да протекне кроз бројило ради провере регистра електричног бројила класе 0,2 ($b\ =\ 0{,}2\ \%$) је:

$$E_{\text{мин.}} = \frac{1000 \cdot R}{b} = \frac{1000 \cdot 0{,}01\ MWh}{0{,}2} = 50\ MWh \tag{6}$$

Према резултату из једначине (6), за „примарно“ подешена електрична бројила за назначену струју 1 A, највећу струју 2 A и назначени међуфазни напон 100 V, за нето време провере регистра енергије добија се:

$$t_{\text{мин.}} = \frac{E_{\text{мин.}}}{\sqrt{3} \cdot n_T \cdot I_{\text{макс.}} \cdot U} = \frac{50\ MWh}{\sqrt{3} \cdot 1{,}65\ \cdot 10^6 \cdot 2\ \text{A} \cdot 100\ V} = 0{,}08748\ h = 5{,}25\ min \tag{7}$$

Према једначини (7), израчунато време испитивања провере регистра у случају „примарно“ подешеног електричног бројила неупоредиво је краће него посматрано време израчунато према једначини (3) за случај „секундарно“ подешеног електричног бројила.

ГРЕШКА ОЧИТАВАЊА

Измерена вредност физичких величина зна се само са извесном сигурношћу. Грешка мерења се процењује. Мерење активне електричне енергије помоћу трофазног четворожичног електричног бројила спада у непосредна мерења јер се резултати мерења директно очитавају са екрана бројила.

Апсолутна грешка било ког мерног инструмената, па тако и електричног бројила, рачуна се према обрасцу:

$$\Delta x = kx + lx_{min} \tag{8}$$

где су:

k – дата класа тачности мерног инструмента,
x – измерена вредност,
x_{min} – вредност последње цифре (резолуције) и
l – сачинилац.

Сви дигитални инструменти имају нераздвојиву мерну несигурност због ограниченог броја цифара које могу да се прикажу на екрану инструмента. Најмањи бројчани корак који може да буде приказан на дигиталном екрану назива се резолуција. Унутрашње коло дигиталног инструменти мора да заокружи мерење тако да одговара броју цифара за приказ. Овај поступак заокруживања уводи неизвесност јер када се прочита мерена вредност са екрана, никада не би могло да се зна која би следећа цифра била без заокруживања. Зато се узима да је несигурност половина вредности последњег приказаног децималног места, па је вредност сачиниоца $l = \frac{1}{2}$.

У овом раду, посматра се грешка при очитавању електричног бројила при различитим начинима подешавања трансформаторских односа у бројилу и сходно томе различитим подешеним мерним јединицама за мерење електричне енергије (у kWh за „секундарно“ подешена и у MWh за „примарно“ подешена бројила електричне енергије).

За бројила класе тачности 0,2 S, биће $k = 0{,}002$, па је:

$$\Delta x = 0{,}002 \cdot x + 0{,}5 \cdot x_{min} \tag{9}$$

Посматраће се само систематска (инструментална) грешка мерења која остаје стална и на коју не утиче повећање броја мерења.

Грешка очитавања месечно измерене вредности активне електричне енергије при „секундарно“ подешеном електричном бројилу сведена на примарну страну, за случај преносних односа напонског и струјног трансформатора $n_U = \frac{110000\,V}{100\,V} = 1100$ и $n_I = \frac{1500\,A}{1\,A} = 1500$, је:

$$|\Delta x_S| = 0{,}5 \cdot (1{,}65 \cdot 10^6 \cdot 0{,}001 \cdot 10^3)\,Wh = 825000\,Wh = 0{,}82\,MWh \tag{10}$$

Грешка очитавања месечно измерене вредности активне електричне енергије при „примарно“ подешеном електричном бројилу је:

$$|\Delta x_P| = 0{,}01\,MWh \tag{11}$$

што је 82 пута мања грешка очитавања него при очитавању „секундарно“ подешеног бројила.

На примарним странама струјног и напонског мерног трансформатора укупна протекла енергија за месец дана, при називним вредностима струје и напона, је:

$$E_p = \sqrt{3} \cdot U_p \cdot I_p \cdot T = \sqrt{3} \cdot 110000 \cdot 1500 \cdot 24 \cdot 30\,Wh = 205767{,}64\,MWh \tag{12}$$

Грешка очитавања код „секундарно“ подешеног бројила на три децимална места у kWh је мала и за посматране називне примарне вредности струја и напона износи $\pm\ 4 \times 10^{-4}$ % измерене вредности. Тада је укупна релативна грешка која се прави заправо већа од класе тачности бројила 0,2 S и износи ± 0,2004 %.

Очигледно је да удео ове грешке очитавања месечно измерене активне електричне енергије расте за мање називне вредности секундарне струје и секундарног напона.

Међутим, бројила углавном не почињу рад подешена на нулу, већ је то нека случајно забележена вредност енергије која је протекла током времена. Грешка очитавања се онда дуплира и износи $\pm 8 \times 10^{-4}$ % измерене вредности. Тада је укупна релативна грешка већа од класе тачности бројила 0,2 S и износи ± 0,2008 %.

Даље, пошто су енергетски трансформатори обично оптерећени у просеку са 50 % назначеног оптерећења [6,7], укупна протекла енергија за месец дана, при називним вредностима струје и напона је двоструко мања, па је укупна релативна грешка мерења за бројило које је било подешено за рад од нуле ± 0,2008 %, а за бројило код кога су обе вредности енергије биле случајне ± 0,2016 %.

При прорачунима губитака на далеководима, треба водити рачуна да електрична бројила која мере енергију на два наспрамна краја неког далековода немају исту грешку очитавања јер кроз њих теку различите активне снаге због губитака енергије на том делоководу. Грешка очитавања ће да буде двоструко већа. Удео грешке очитавања у овом случају је значајнији, јер је величина губитака на далеководу (2 – 4) % од укупне измерене енергије која прође кроз далековод.

Ако се претпостави да је укупна протекла енергија за месец дана на почетку далековода једнака вредности добијеној у једначини (12), релативна грешка мерења месечних губитака енергије на далеководу била би:

- ако су оба бројила при првом мерењу била подешена на нулу ± (0,22 – 0,24) %,
- ако је само једно бројило при првом мерењу било подешено на нулу ± (0,23 – 0,26) %,
- ако су оба бројила имала обе вредности енергије као случајне вредности ± (0,24 – 0,28) %.

Ако се претпостави да је далековод био оптерећени у просеку са 50 % назначеног оптерећења, укупна протекла енергија за месец дана, при називним вредностима струје и напона биће двоструко мања па ће и губици да буду сразмерно мањи. Отуда би укупна релативна грешка мерења губитака енергије тада била:

- ако су оба бројила при првом мерењу била подешена на нулу ± (0,24 – 0,28) %,
- ако је само једно бројило при првом мерењу било подешено на нулу ± (0,26 – 0,32) %,
- ако су оба бројила имала обе вредности енергије (у крајњем и почетном стању очитавања) као случајне вредности ± (0,28 – 0,36) %.

Ово су приметно веће грешке у односу на највећу дозвољену грешку електричног бројила класе 0,2S од ± 0,2 %.

У данашње време развијају се електрична бројила класе 0,1 S [8]. Код једног таквог бројила, за исте називне вредности струје, највеће струје и напона као за посматрано бројило класе 0,2 S, при „секундарно“ подешеном бројилу за задате преносне односе мерних трансформатора као у претходним примерима, био би очигледно још већи утицај грешке очитавања активне електричне енергије.

ЗАКЉУЧАК

Подешавањем бројила електричне енергије на начин да бележи стварну утрошену енергију добијену на основу вредности струја и напона на секундарним странама струјних и напонских мерних трансформатора, респективно, применом важећег Правилника о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S, који се примењује од 23.12.2016., јавља се велико израчунато време испитивања регистара измерене електричне енергије при првом, редовном (периодичном) и ванредном контролисању електричних бројила. Посебно је то изражено на примеру често коришћеног бројила класе тачности 0,2 S за називну струју 1 A и називни фазни напон 57,7 V. У Чешкој Републици, која је стални члан $OIML$-а као и Република Србија, али је и члан Европске Уније, захтевано време провере регистра електричне енергије је 2,5 пута краће.

Као бољи приступ, препоручује се „примарно“ подешавање бројила електричне енергије, тако да показује вредност активне електричне енергије измерене са примарних страна мерних трансформатора, из следећих разлога:

1) Значајно је мање време испитивања тачности показивања регистара активне електричне енергије.
2) Значајно је мања грешка очитавања вредности регистра активне електричне енергије,
3) Приметно је мања релативна грешка мерења месечних губитака енергије на неком од елемената електроенергетског система (енергетском трансформатору, надземном воду, каблу и сл.),
4) Непосредно са екрана електричног бројила очитава се стварно потрошена електрична енергија.
5) Могуће је да један контролор обави испитивање тачности показивања регистра у пуном времену које је у складу са Законом о раду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правилник о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S („Службени гласник РС“, бр. 104/2016), 30 страна. Доступно на: http://www.dmdm.rs/Pravilnici/pravilnik_o_brojilima_aktivne_elektricne_energije_klase_tacnosti_02_s.pdf
2. Метролошко упутство за оверавање електронских (статичких) вишефункцијских бројила електричне енергије (Гласник ЗМДМ, бр. 1/2007), 5 страна. Доступно на: http://www.dmdm.rs/PDF/MusMup/MUP_elbrojila_el_en_visenamenski_1_07.pdf
3. International Recommendation $OIML\ R$ 46-1/-2: „Active electrical energy meters“, Part 1: Metrological and technical requirements, Part 2: Metrological controls and performance tests, 72 pages, Edition 2012. Доступно на: https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r046-1-2-e12.pdf
4. Закон о раду („Службени гласник РС“, бр. 95/2018), 49 страна. Доступно на: https://www.paragraf.rs/propisi_download/zakon_o_radu.pdf
5. Opatření obecné povahy, číslo: 0111-OOP-C022-18 kterým se stanovují metrologické a technické požadavky na stanovená měřidla, včetně metod zkoušení při schvalování typu a při ověřování stanovených měřidel: „elektroměry“. Český metrologický institute, 36 pages, Brno, Czech Republic, 2019. Доступно на: https://www.cmi.cz/sites/all/files/public/download/Uredni_deska/OOP/OOP%2022-18%20Elektroměry.pdf https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/en/search/?trisaction=search.detail&year=2018&num=592
6. $BEE\ CODE$ Transformers, 34 pages, New Delhi, India, 2006. Доступно на: https://nredcap.in/PDFs/BEE_manuals/BEE_CODE_TRANSFORMERS.pdf
7. ABB, Environmental Product Declaration - Power Transformer TrafoStar 500 MVA ($ONAN$/$ONAF$) Registration nr. S-P-00019. ABB Transformer AB Ludvika, Sweden, 2003. Доступно на: https://library.e.abb.com/public/566748ad75116903c1256d630042f1af/ProductdeclarationStarTrafo500.pdf (проверено 19.10.2020).
8. Power Quality Meters: ION9000 Series Advanced Power Quality Meters. Доступно на: https://www.productinfo.schneider-electric.com/nadigest/5c51d645347bdf0001f1f280/Master/17704_MAIN%20(bookmap)_0000041932.xml/$/Metering-00BF619F

АУТОР

Ђорђе Дуканац – магистар електротехничких наука, „Електромрежа Србије“ а.д., djordje.dukanac@ems.rs.