

DOI: [10.46793/CIGRE37.B5.12](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.B5.12)**B5.12****НЕДОСТАЦИ КОРИШЋЕЊА ПАМЕТНИХ БРОЈИЛА КЛАСЕ ТАЧНОСТИ 0,2S,
ФАЗНЕ СТРУЈЕ 1 А И ФАЗНОГ НАПОНА 58 V У ВИСОКОНАПОНСКИМ
ПОСТРОЈЕЊИМА СА ПРИКАЗОМ СЕКУНДАРНЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ С
РЕЗОЛУЦИЈОМ НА ТРИ ДЕЦИМАЛНА МЕСТА****DRAWBACKS OF USING SMART METERS OF ACCURACY CLASS 0.2S, PHASE
CURRENT 1 A, AND PHASE VOLTAGE 58 V IN HIGH-VOLTAGE STATIONS THAT
DISPLAY SECONDARY ELECTRICAL ENERGY WITH A RESOLUTION OF THREE
DECIMAL PLACES****Ђорђе Дуканац***

Кратак садржај: Први недостатак употребе бројила из наслова овог рада је читавање секундарне електричне енергије на екрану бројила, која представља кључни податак за наплату електричне енергије. Други недостатак је што ће читана енергија да садржи додатну грешку, приметну при прорачуну техничких губитака енергије у елементима електроенергетског преносног система. Трећи недостатак је повећање времена и цене овере бројила после 1.1.2017. године, посебно у случају када она немају могућност рада у испитном режиму са резолуцијом већом од три децимална места. Биће размотрено упутство Дирекције за мере и драгоцене метале, помоћу којег је, после више од 4,5 године, дошло до смањења времена провере регистра активне енергије ових бројила 2,5 пута, као и зашто је оно и даље превелико. У овом раду биће предложени начини за решавање четири детаљно анализирана недостатака коришћења паметних бројила из његовог наслова.

Кључне речи: електрична енергија, највећа дозвољена грешка (НДГ), читавање секундарне електричне енергије, овера бројила, паметно бројило, резолуција на три децимална места.

Abstract: The first disadvantage of using the meters from the title of this paper is the reading of secondary electrical energy on the meter screen, which is key data for electricity billing. The second disadvantage is that the energy read will contain an additional error, noticeable when calculating technical energy losses in the elements of the electric power transmission system. The third disadvantage is the increase in time and cost of verifying meters after January 1, 2017, especially in cases where they cannot operate in test mode with a resolution greater than three decimal places. The instruction of the Directorate for Measures and Precious Metals will be discussed, with the help of which, after more than 4.5 years, the time for checking the active energy register of these meters was reduced by 2.5 times, as well as why it is still too long.

* Ђорђе Дуканац, Акционарско друштво "Електромрежа Србије" Београд, djordje.dukanac@ems.rs

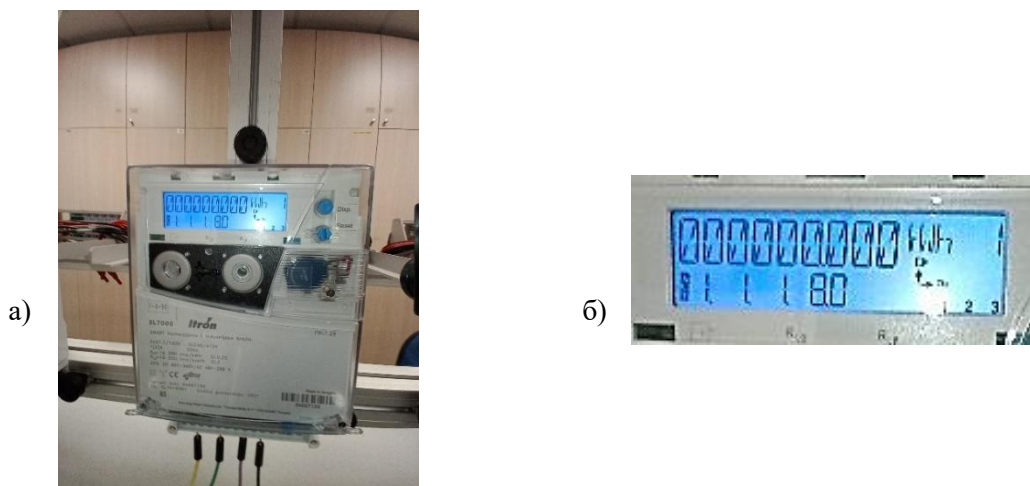
This paper will propose ways to address the four thoroughly analysed shortcomings of using smart meters from its title.

Key words: *electrical energy, maximum permissible error (MPE), secondary electrical energy reading, meter verification, smart meter, resolution to three decimal places*

1 УВОД

У овом раду износе се разлози против подешавања индиректно прикључених бројила активне електричне енергије класе 0,2S у електроенергетским (ЕЕ) постројењима у Србији на секундаран начин (са читавањем електричне енергије са секундара мерних трансформатора), с резолуцијом читавања електричне енергије на три децимална места у kWh-има, и нуде се повољнија решења.

Пре свега, разматраће се електрична бројила код којих не постоји могућност пребацивања на испитни режим рада за привремени приказ активне електричне енергије са резолуцијом већом од три децимална места. Пример таквог бројила „А“, које се већ дуго користи у оператору преносног система Акционарског друштва „Електромрежа Србије“ (ОПС-у ЕМС АД), приказан је на слици 1а. На многим мерним местима у различитим ЕЕ постројењима у Републици Србији, у власништву ОПС-а ЕМС АД, има још доста монтираних, и старих и новијих, електричних бројила „А“, са највећом могућом резолуцијом регистара енергије на три децимална места на екрану бројила, као на слици 1б. Први пут су коришћена у ЕМС АД-у са годином производње из 2004. године.



Слика 1: а) Бројило „А“, класе тачности 0,2S активне енергије, за индиректно прикључење, секундарно подешено у kWh-има, са назначеним подацима: фазни напон 57,74 V, струја 1 A, највећа струја 2 A и константа бројила 10000 imp./kWh. Највећа резолуција регистра енергије екрана овог бројила је на 3 децимална места у радном режиму. Оно нема испитни режим за повећање резолуције регистра енергије при његовој провери. Снимак је из КТ-а ЕМС АД са испитне станице „Б“. б) Увећани 9-цифрени екран бројила „А“.

2 ПРВИ НЕДОСТАТАК У ОЧИТАВАЊУ СЕКУНДАРНО ПОДЕШЕНОГ БРОЈИЛА НА ТРИ ДЕЦИМАЛНА МЕСТА У КИЛОВАТЧАСОВИМА, КЛАСЕ ТАЧНОСТИ 0,2S, У ПОГЛЕДУ ПОУЗДАНОСТИ ОБРАЧУНА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Према „Правилима о раду преносног система“ [1], обрачунска константа се одређује као неименовани број који се добија множењем преносних односа напонских и струјних мерних трансформатора на мерном месту, а која се користи да би се секундарне вредности енергије и снаге, измерене на бројилу, превеле у стварне примарне вредности енергије и снаге. Обрачунске константе за електричну енергију и снагу су на одговарајући начин унете у апликације за обрачун и могу се мењати само преко посебног писменог налога који издаје ЕМС АД на основу записника о промени обрачунске константе, сачињеног између овлашћених представника ЕМС АД-а и корисника преносног система. Даље се наводи да је ЕМС АД одговоран за чување, односно ажурирање конфигурације мерне опреме, тако да она увек буде компатибилна са карактеристикама места прикључења. ЕМС АД писмено обавештава корисника преносног система о променама конфигурације бројила. Радну конфигурацију бројила ЕМС АД доставља кориснику преносног система као документ на његов захтев.

2.1 Расправа у вези са коришћењем података за обрачун електричне енергије са екрана секундарно подешених бројила у ЕМС АД-у

У ЕМС АД-у се прибегава подешавању бројила на секундарни начин са преносним односом 1:1 за преносне односе и струјних и напонских мерних трансформатора. Ово повлачи за собом уношење обрачунских константи, као што је наведено у уводу Поглавља 2, у одговарајуће корисничке програме за обрачун електричне енергије.

У Сектору за обрачунско и контролно мерење, у коме се врши подешавање параметара бројила пре њихове овере (што подразумева и стављање државних жигова на бројила), лакше је у свим бројилима да се унесе преносни односи 1:1, него да се разматра који су посебни преносни односи струјних и напонских мерних трансформатора на сваком мерном месту у ЕЕ постројењима.

С друге стране, у Сектору за обрачун електричне енергије и приступ преносном систему, ради обрачуна, мора да се зна да ли је правилно унета обрачунска константа у апликацијама за обрачун електричне енергије за свако мерно место посебно. При томе, приступ тим корисничким софтверима није физички обезбеђен, као што је то случај са законски релевантним софтвером бројила, где је одређеним параметрима физички онемогућен приступ помоћу жигова постављених на кућиште бројила. Да би били промењени, код бројила је за одређене параметре, међу којима спадају преносни односи струјних и напонских мерних трансформатора, потребно извршити и физичку манипулацију с хардвером који се налази испод заштићеног кућишта бројила.

Ако се бројила секундарно подешавају, није доследно испуњена реченица из „Правила о раду преносног система“: „ЕМС АД је одговоран за чување, односно ажурирање конфигурације мерне опреме, тако да она увек буде компатибилна са карактеристикама места прикључења.“ Конфигурација бројила није компатибилна са карактеристикама места прикључења ако се у њој задају преносни односи 1:1 који не одговарају стварним преносним односима мерних трансформатора на месту прикључења.

Пошто се најчешће на бројилима у власништву ЕМС АД-а читава секундарно измерена енергија и накнадно множи са обрачунском константом задатом у корисничким програмима за обрачун електричне енергије, за њу не постоји физичка заштита као за унете преносне односе у сваком бројилу. Уместо тога, поузданије би било да се бројила примарно подешавају са унетим стварним преносним односима мерних трансформатора у законски релевантном софтверу бројила, тако да електрична енергија може непосредно да се читава са екрана бројила као стварна енергија која се троши на мерном месту у ЕЕ постројењу. Законски релевантан софтвер бројила је физички заштићен државним жиговима постављеним на бројило од накнадних преправки критичних параметара, као што су преносни односи.

Када би се читавала примарна енергија из регистра екрана бројила у ЕЕ постројењу, кориснику преносног система било би довољно да се достави доказ о подешавањима параметара (тј. радној конфигурацији) бројила, са примењеним нивоима заштите кључних података, једном у 8 година за индиректно прикључена бројила, а ако има ванредних овера, и чешће, као и доказе о правилно читаној примарној енергији са мерног места у сваком обрачунском периоду. Преносни односи мерних трансформатора (тј. обрачунска константа за енергију) били би физички заштићени у сваком бројилу помоћу државних жигова, тј. ником не би могао да буде омогућен приступ тим подацима без насилног скидања државних жигова.

3 ДРУГИ НЕДОСТАТАК У ОЧИТАВАЊУ СЕКУНДАРНО ПОДЕШЕНОГ БРОЈИЛА НА ТРИ ДЕЦИМАЛНА МЕСТА У КИЛОВАТЧАСОВИМА, КЛАСЕ ТАЧНОСТИ 0,2S И НАЗНАЧЕНЕ СТРУЈЕ 1 А, У ПОГЛЕДУ ГРЕШКЕ У ПРОРАЧУНУ ТЕХНИЧКИХ ГУБИТАКА НА ПРЕНОСНИМ ЕЛЕМЕНТИМА ЕЕС-а

Неусаглашеност сатне вредности производње и сатне вредности потрошње електричне енергије саставни је део рада ЕЕС-а. Зато је важно да се раде прецизне прогнозе губитака електричне енергије у преносном систему. На тај начин би се правовремено прорачунао очекивани мањак, односно вишак електричне енергије, и осмислио начин како да се мањак електричне енергије надокнади, односно вишак електричне енергије потроши или прода.

Укупна грешка бројила састоји се од случајне грешке бројила, грешке услед мерне опреме и грешке услед ограничене резолуције регистра енергије екрана бројила. На прве две грешке не може да се утиче, јер респективно зависе од унутрашњих особина самог бројила и мерне опреме, али на трећу грешку може да се утиче другачијим подешавањем резолуције и јединице енергије у регистру екрана бројила, што ће да буде објашњено у 5. поглављу.

3.1 Прорачун релативне грешке техничких губитака за различите преносне елементе ЕЕС-а услед ограничене резолуције регистара укупне активне енергије и регистара енергије по тарифама на три децимална места у kWh-овима на екранима бројила

Претпоставља се уобичајено трофазно бројило електричне енергије у ЕЕ постројењима 110 kV, 220 kV и 400 kV, за индиректно прикључење, секундарно подешено, за назначени међуфазни напон 100 V, назначену струју 1 А, назначену највећу струју 2 А и класу тачности 0,2S.

При секундарном подешавању бројила на три децимална места у kWh-има и мерној константи бројила од најмање 10000 imp./kWh (која се увек јавља у бројилима у власништву ОПС-а ЕМС АД), релативна грешка услед ограничене резолуције, нпр. регистра укупне активне електричне енергије (e_{rs1}), добија се дељењем апсолутне грешке услед ограничене резолуције регистра активне електричне енергије (Δe_{rs1}) у односу на укупну секундарну електричну енергију која је протекла кроз електрично бројило за месец дана (30 дана) (E_{1m}^S), при $\cos \varphi = 0,97$, тј.:

$$e_{rs1} = \frac{\Delta e_{rs1}}{E_{1m}^S} = \frac{s \cdot e_{min}}{\sqrt{3} \cdot U_{l1}^S \cdot I_{f1}^S \cdot \cos \varphi \cdot T} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 0,001 \cdot 10^3 Wh}{\sqrt{3} \cdot 100 V \cdot 1 A \cdot 0,97 \cdot 720 h} = 4,133 \cdot 10^{-4} \% \quad (1)$$

где су:

s – коефицијент којим се множи резолуција регистра енергије екрана бројила, и који је једнак $\frac{1}{2}$ за вредност мерне константе бројила 2000 imp./kWh и више, за очигледну резолуцију R на 3 децимална места у kWh-овима;

e_{min} – најмања резолуција регистра енергије бројила на три децимална места у kWh-овима;

U_{l1}^S – секундарни линијски напон [V];

I_{f1}^S – секундарна фазна струја [A];

T – период мерења у [h] за месец дана (30 дана).

За назначене секундарне вредности трофазних струја и напона, при једном читавању бројила за 1 месец на једном мерном месту, релативна грешка при секундарном подешавању бројила услед ограничене резолуције регистра укупне активне електричне енергије је иста као и дата релативна грешка сведена на примарну страну и износи $\pm 4,13 \cdot 10^{-4} \%$. Ако се тражи протекла електрична енергија кроз бројило на једном мерном месту за месец дана, тада се претходна релативна грешка удвостручава и износи $\pm 8,27 \cdot 10^{-4} \%$.

Ако се разматра разлика у укупним активним електричним енергијама на крајевима преносног вода назначеног напона 400 kV, 220 kV или 110 kV, или енергетског трансформатора преносног односа 400/220 kV, 400/110 kV или 220/110 kV, тада се удвостручује и претходна релативна грешка. Према томе, услед секундарног подешавања бројила у kWh-има и ограничене резолуције на три децимална места регистра укупних активних електричних енергија бројила на оба краја датог преносног елемента ЕЕС-а, релативна грешка техничких губитака на неком од тих елемената, сведена на примарну страну, износи $\pm 1,653 \cdot 10^{-3} \%$ примарне месечне укупне активне електричне енергије протекле кроз разматрани преносни елемент ЕЕС-а.

Узимајући у обзир главне делове уобичајене мреже за пренос електричне енергије, просечне вредности губитака електричне енергије у различитим преносним елементима ЕЕС-а су:

(1 – 2) % – за енергетски трансформатор подизач напона од генератора до преносног вода или енергетски трансформатор спуштач напона са преносног вода на дистрибутивну мрежу;

(2 – 4) % – за преносни вод (преносни далековод или кабл).

У односу на просечне вредности губитака електричне енергије, разматрана релативна грешка техничких губитака на неком преносном елементу ЕЕС-а, због секундарног подешавања бројила и ограничене резолуције регистара енергије екрана бројила на три децимална места у kWh-овима, биће:

1. (50 – 100) пута већа од претходно израчунате за енергетски трансформатор подизач напона од генератора до преносног вода или спуштач напона са преносног вода на дистрибутивну мрежу, односно износиће $\pm(0,0827 - 0,1653) \%$ просечних губитака активне енергије, претпостављајући средње оптерећење бројила од 100 % назначене вредности снаге;
2. (25 – 50) пута већа од претходно израчунате за преносни вод, односно износиће $\pm(0,0413 - 0,0827) \%$ просечних губитака активне електричне енергије, претпостављајући средње оптерећење бројила од 100 % назначене вредности снаге.

Ако се претпостави просечно оптерећење бројила од 50 % назначене вредности снаге током века трајања трансформатора [2] или преносног вода [3], биће двоструко већа разматрана релативна грешка техничких губитака на неком преносном елементу ЕЕС-а, због секундарног подешавања бројила и ограничене резолуције регистара укупне енергије екрана на три децимална места у kWh-има за бројила на крајевима датог преносног елемента ЕЕС-а, тј.:

1. за енергетски трансформатор подизач напона од генератора до преносног вода или спуштач напона са преносног вода на дистрибутивну мрежу износиће $\pm(0,1653 - 0,3307) \%$ просечних губитака активне енергије на трансформатору;
2. за преносни вод износиће $\pm(0,0827 - 0,1653) \%$ просечне активне енергије губитака на датом преносном воду.

Последње две наведене разматране релативне грешке техничких губитака израчунате су на појединим преносним елементима ЕЕС-а за регистре укупне активне електричне енергије, нпр. за једнотарифна бројила (где је прво бројило постављено, нпр. на првом мерном месту енергије на излазу из електране). Међутим, пошто су при обрачуна цене губитака енергије битне вредности активних енергија из регистара, посебно за вишу и нижу тарифу, због секундарног подешавања бројила и ограничене резолуције тарифних регистара у kWh-има на три децимална места, релативне грешке техничких губитака ће да буду двоструко веће, под претпоставком да у просеку тарифни регистри деле оптерећење по пола (тј. мере по пола електричне енергије потрошене у току једног дана).

3.2 Расправа у вези с коришћењем података за прогнозу губитака електричне енергије у преносном ЕЕС-у, са екрана секундарно подешених бројила, са резолуцијом на три децимална места, у kWh-има у ЕМС АД-у

Може да се закључи да су, за енергетске трансформаторе и преносне водове, релативне грешке техничких губитака услед ограничене резолуције тарифних регистара електричне енергије секундарно подешених бројила, са резолуцијом на три децимална места у kWh-има, у добијеним опсезима чак и много веће од НДГ-а код електричних бројила за класу тачности 0,2S на крајевима датог преносног елемента ЕЕС-а.

4 ТРЕЋИ НЕДОСТАТАК У ПОГЛЕДУ ПРЕДУГАЧКОГ ТРАЈАЊА ПРОВЕРЕ РЕГИСТРА ЕКРАНА СЕКУНДАРНО ПОДЕШЕНОГ БРОЈИЛА „А“ НА ТРИ ДЕЦИМАЛНА МЕСТА У КИЛОВАТ-САТИМА, У ПОГЛЕДУ ИЗАБРАНЕ МЕТОДЕ И КРИТЕРИЈУМА ПОД КОЈИМ СЕ ТА ПРОВЕРА ВРШИ У КТ-у ЕМС АД

У овом поглављу биће описани проблеми са предугачким временом трајања провере регистра активне електричне енергије екрана секундарно подешеног бројила „А“, са резолуцијом на три децимална места у kWh-има, на основу података са слике 1.

У другом пасусу „Правилника о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2S“ [4] наводи се критеријум за минималну енергију за проверу регистра према једначини (2):

$$E_{min} = \frac{1000 \cdot R}{b} [Wh] \quad (2)$$

где су:

R – резолуција регистра енергије изражена у [Wh];
 b – највећа дозвољена грешка (НДГ) изражена у [%].

У трећем пасусу домаћег Правилника [4] пише: „Разлика између задате енергије и очитане енергије на регистру не може бити већа од једне десетине дозвољене грешке при номиналним вредностима.“

Друга, али исправна метода из које се стварно изводи једначина (2) за најмању дозвољену енергију која се доводи бројилу, прописана је у препоруци OIML R 46-1/-2 [5] и стандарду SRPS EN IEC 62052-11:2022 [6], а односи се на тражење релативне разлике енергије из регистра енергије екрана бројила и енергије са испитног излаза бројила, тако да она буде мања од 1/10 НДГ-а. Чешки пропис [7] задаје исту методу „провере бројача“ као наведени документи, али је критеријум 2,5 пута блажи (тј. 1/4 НДГ-а) за бројила класе 0,2S.

Према методи провере регистра у КТ-у ЕМС АД примењиваној до 10.9.2021. године, за секундарно подешено бројило „А“ са радном резолуцијом регистра енергије на три децимална места, са подацима на слици 1, применом једначине (2) добија се за најмању дозвољену енергију 5 kWh, а за најмање непрекидно време провере једног регистра 14 сати и 26 минута, не узимајући у обзир заокруживање резултата у регистру енергије (тј. за $R = 0,001 kWh$). Када постоје две тарифе и два смера енергије (што је најчешћи случај), провера свих регистара активне енергије трајала је укупно 57 сати и 44 минута. На слици 2 приказана је „грешка у укупној активној електричној енергији у регистру екрана бројила“ добијена приликом оверавања једног бројила „А“ 2018. године.

На слици 3 приказано је упутство које је Дирекција за мере и драгоцене метале (ДМДМ) послала ЕМС АД-у 10.9.2021. године (после објављеног рада аутора [8] и званичног захтева из ЕМС АД-а), број 393-4/0-05-2947/2, према коме је време провере регистра активне енергије, изведено помоћу најмање доведене енергије из једначине (2), смањено 2,5 пута за бројила „А“ класе 0,2S са слике 1, као у чешком пропису [7], али уз доказивање које се односи на потребну проширену мерну несигурност мерног система за преглед бројила.

Ukupna energija	P+	
1.8.0 Pocetak	000000,008	kWh
1.8.0 Kraj	000005,021	kWh
Greska	+0,112 %	OK

Слика 2: Исечак из извештаја о контролисању бројила из 2018. године, где се види задавана енергија од 5 kWh за проверу регистра укупне активне електричне енергије бројила у КТ-у ЕМС АД. Задавање енергије од 5 kWh код бројила „А“ трајало је од 1.1.2017. до 10.9.2021.

У вези са скраћењем времена тестирања регистара активне електричне енергије бројила произвођача ITRON, тип SL7000, са следећим основним карактеристикама: референтни напон 57,7 V, референтна струја 1 A, максимална струја 2 A, класа тачности 0,2S, формат бројчаника 6 целих и 3 децимална места и резолуција бројчаника 0,001 kWh, због поштовања одредби Закона о раду („Службени гласник РС”, бр. 24/05, 61/05, 54/09, 32/13, 75/14, 13/17 – одлука УС, 113/17 и 95/18 – аутентично тумачење) које се односе на право запосленог на дневни одмор у оквиру 24 часа непрекидном трајању од најмање 11 часова, могуће је скратити време тестирања, а да се не наруши тачност мерења електричне енергије.

Наиме, у члану 1. Прилога 3 ОВЕРАВАЊЕ БРОЈИЛА Правилника о бројилима електричне енергије класе тачности 0,2S („Службени гласник РС”, број 104/16) прописано је да еталони и мерна опрема који чине мерни систем за преглед бројила имају одговарајућу тачност тако да проширена мерна несигурност мерног система за преглед бројила буде најмање три пута мања од највеће дозвољене грешке бројила.

Задавањем минималне електричне енергије у износу од 2 kWh (добија се четири пута већа тачност од дозвољене грешке бројила, тиме је задовољен наведен услов) скраћује се време испитивања регистара енергије, тако да износи 5,77 h.

Слика 3: Снимак из упутства ДМДМ-а, број 393-4/0-05-2947/2, послатог КТ-у ЕМС АД, са датумом 10.9.2021. године.

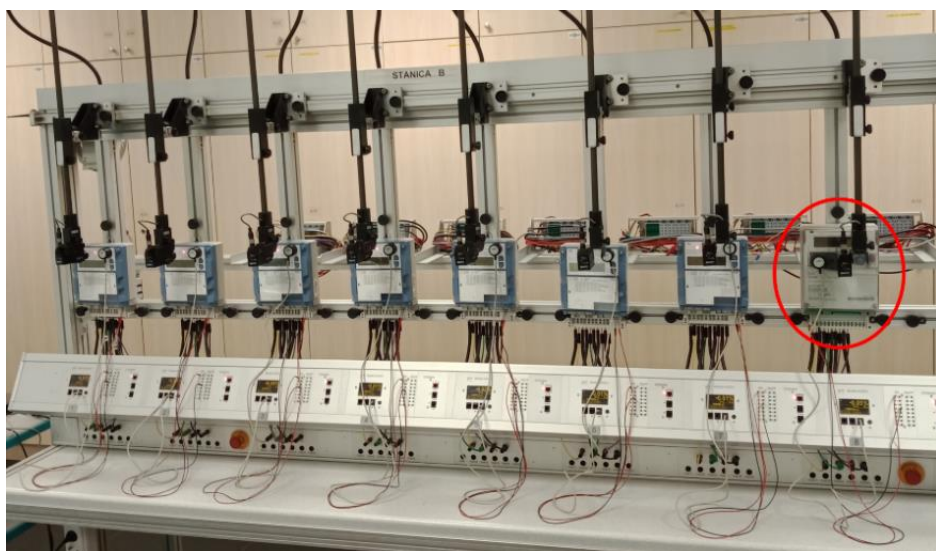
Непотпуност овог образложења ДМДМ-а са слике 3 огледа се у томе што се не помиње метода провере регистра која се примењује у КТ-у ЕМС АД, а која одговара 3. пасусу из Правилника [4], јер када би се та метода узела у обзир, предложено време провере би и даље било нерационално велико. У правој методи према OIML R 46-1/-2 пореде се величине енергије које мери само бројило, тј. енергије добијене у његовом регистру екрана и енергије добијене на његовом испитном излазу, што нема непосредне везе са мерним системом, јер се пореди измерена вредност енергије са бројилом на два његова излаза, тј. екрану бројила и испитном излазу. У [9] је доказано да проширена мерна несигурност мерног система испитне станице „Б“ (при чему је испитна станица „А“ од истог произвођача) у КТ-у ЕМС АД не прелази 12,7 % НДГ-а бројила за разне мерне тачке, што је за 20,6 % мање од највећег услова за проширену мерну несигурност мерног система, којим је дозвољено одступање до 33,3 % НДГ-а бројила.

Иначе, метода мерења у КТ-у ЕМС АД је непрецизна јер, у односу на методу мерења задату према препоруци OIML R 46-1/-2 [5] и стандарду SRPS EN IEC 62052-11:2022 [6], садржи велику неодређеност у погледу случајне грешке бројила. Ова неодређеност је утолико већа што је време мерења дуже.

Проблематичне су у погледу трошкова прва, периодична (на осам година) и ванредна овера бројила „А“ са слике 1, јер су оне, према „Ценовнику бр. 10“ из августа 2023. године, који је издао ЕМС АД, 1,53 пута скупље него овере бројила „Б“, „В“, „Г“ и „Д“, са истом константом бројила 10000 imp./kWh, назначеним подацима, са секундарним подешавањем и резолуцијом регистра енергије на три децимална места у kWh-има у радном режиму.

4.1 Пример истовременог испитивања седам бројила „Б“ и једног бројила „А“ везаних редно на испитној станици у истом мерном колу са истим назначеним вредностима и спрегом

На слици 4 приказан је низ бројила где је првих 7 бројила „Б“ (серије 3), а 8. је бројило „А“ (описано већ на слици 1) испред којих су постављене скенирајуће главе за оптичке импулсе коришћене за проверу тачности бројила за разне мерне тачке (комбинације струја, фактора снаге и броја фаза при назначеном напону напајања). На њих су постављене оптичке комуникационе главе за читавање почетних и крајњих стања на регистрима бројила у посебном мерењу „провери регистра“ задатом у управљачком софтверу SAMACAL (ако постоје комуникациони модули, тј. скрипте). Бројила „Б“ су секундарно подешена са резолуцијом на три децимална места и са истим назначеним величинама (класом тачности, назначеним напонам, назначеном струјом и назначеном највећом струјом) и спрегом као бројило „А“ на слици 1, али имају могућност пребацивања на режим на четири децимална места при провери регистра подешеног у радном режиму на три децимална места. Због тога имају и 10 пута краће време провере регистра енергије екрана него бројило „А“, које нема испитни режим за привремено подешавање на већу резолуцију. Везивање ових бројила у један низ урађено је ради уштеде укупног времена испитивања свих ових бројила, које је вршено 2023. године.



Слика 4: Низ од 8 бројила, где је првих 7 бројила „Б“, а 8. је бројило „А“ (уоквирено црвеном линијом). Бројила „Б“ су истих назначених величина и спреге као бројило „А“, али имају могућност пребацивања на режим са четири децимална места при провери регистра енергије подешеног у радном режиму на три децимална места, па тако и 10 пута краће време провере.

5 РАЗЛОЗИ ЗА ПРИМАРНО ПОДЕШАВАЊЕ БРОЈИЛА „А–Д“, ИЛИ СЕКУНДАРНО ПОДЕШАВАЊЕ БРОЈИЛА „Б–Д“, СА РЕЗОЛУЦИЈОМ РЕГИСТРА ЕНЕРГИЈЕ НА БАР ЈЕДНОМ ИЛИ ПРЕКО ТРИ ДЕЦИМАЛНА МЕСТА, РЕСПЕКТИВНО, РАДИ УБЛАЖАВАЊА ДРУГОГ И ТРЕЋЕГ НЕДОСТАТКА ИЗ ПОГЛАВЉА 3 И 4

Постоји други начин да резултат измерене активне електричне енергије буде приказан на екрану електричног бројила, тј. као тражена енергија са примарних страна струјних и напонских мерних трансформатора.

У самом бројилу требало би да се подешавају стварни преносни односи мерних трансформатора, као што постоје на мерном месту где је уграђено бројило, чиме би се решио и први недостатак из поглавља 2. Приказана енергија на екрану бројила представљала би стварно измерену „примарну“ енергију, тј. „секундарну“ енергију помножену у самом бројилу са преносним односима мерних трансформатора на мерном месту, унапред унетим у законски релевантни софтвер бројила, тако да се преносним односима не може приступити без нарушавања државних жигова. Стварно протекла примарна активна електрична енергија на мерном месту, добијена као разлика два стања очитана у регистру енергије екрана бројила у периоду од месец дана, директно би се користила за потребе месечног обрачуна електричне енергије и губитака електричне енергије, као и прогнозу губитака. Јединица мерења активне електричне енергије у овом случају била би подешена у MWh-има.

5.1 Решавање дилеме о томе да ли регистри активне енергије примарно подешених бројила „Б“ и „В“ са осам цифара у власништву ЕМС АД-а могу да прикажу најмању потребну енергију за 1500 сати рада бројила са највећом дозвољеном струјом, назначеним напоном и фактором снаге 1

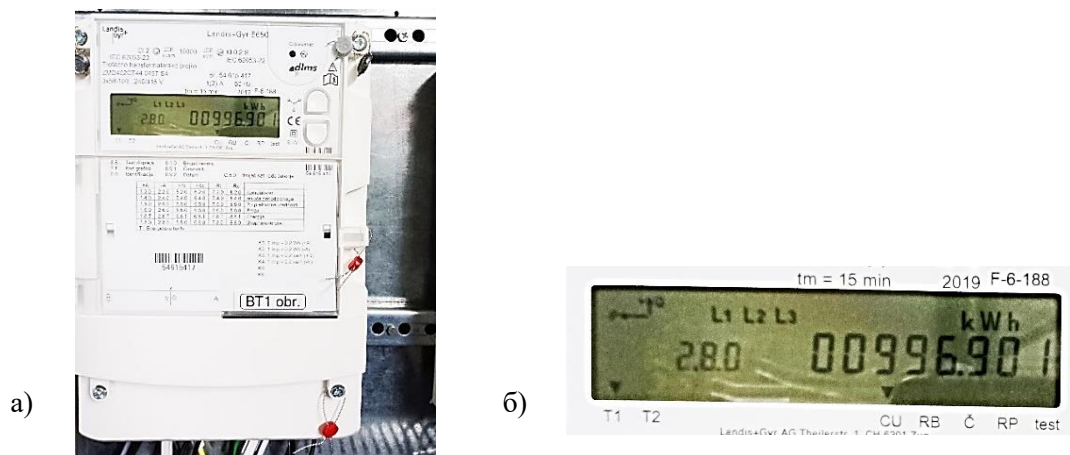
Према „Правилнику о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2S“ [4] у подтачки 3.2., тачке 3. „Технички захтеви“, Прилога 1 „Захтеви за бројила“, пише: „Регистар бележи и приказује, почевши од нуле, најмање 1500 сати вредности енергије која одговара максималној електричној струји на референтном електричном напону и $\cos \varphi = 1$.“

Да не би било сумње, у овом раду провериће се на неколико примера преносних односа струјних и напонских мерних трансформатора за напоне 400 kV, 220 kV и 110 kV да ли је испуњен напред наведени захтев из Правилника [4] за сва бројила у власништву ЕМС АД-а, са назначеним подацима: класе тачности 0,2S активне енергије, струје 1 А, највеће струје 2 А и линијског напона 100 V.

Као угледни узорци, узеће се бројила „Б“ и „В“ јер имају осмоцифрени регистар енергије, са назначеним подацима као у претходном пасусу, која су секундарно подешена са резолуцијом регистара активне енергије на три децимална места у kWh-има. Ова бројила имају испитни режим за привремено пребацивање рада са резолуцијом на 4 децимална места при провери тачности показивања регистара енергије на екрану бројила. Такође, имају могућност подешавања регистара енергије да у радном режиму буде са резолуцијом на 4 децимална места. Бројило „Б“ је приказано на слици 5 (серије 4, са белим кућиштем), а бројило „В“ је приказано на слици 6а.

Први пример је мерење електричне енергије на примарној страни трофазног енергетског трансформатора (нпр. TP2 300 MVA, 400/115±8*1,25%/10,5 kV у ТС 400/110 kV Сомбор) или на далеководу 400 kV, при чему је преносни однос напонских мерних трансформатора $400/\sqrt{3}/0,1/\sqrt{3}/0,1/\sqrt{3}$ kV, а преносни однос струјних мерних трансформатора 2 · 500A/1A.

Други пример је мерење електричне енергије на примарној страни трофазног енергетског трансформатора (нпр. TP6 250 MVA, 220/110/10 kV у ТС 220/110/35 kV Београд 5) или на далеководу 220 kV, при чему је преносни однос напонских мерних трансформатора $\frac{220}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}}$ kV, а преносни однос струјних мерних трансформатора 2·600A/1/1/1A.



Слика 5: а) Бројило „Б“ (серије 4, са белим кућиштем) снимљено у раду у разводном постројењу РП 400 kV Ђердап 1 (у децембру 2022. године). б) Увећани 8-цифрени екран бројила „Б“ у радном режиму, где је резолуција регистра укупне активне енергије у негативном смеру подешена на 3 децимална места.

Трећи пример је мерење електричне енергије на секундарној страни трофазног енергетског трансформатора (нпр. TP6 250 MVA, 220/110/10 kV у TC 220/110/35 kV Београд 5) или на далеководу 110 kV (нпр. ДВ 110 kV, бр.151/5, ПРП Алибунар – TC Алибунар) или на секундарној страни трофазног енергетског трансформатора (нпр. TP2 300 MVA, 400/115±8*1,25%/10,5 kV у TC 400/110 kV Сомбор), при чему је преносни однос напонских мерних трансформатора $110/\sqrt{3}/0,1/\sqrt{3}/0,1/\sqrt{3}$ kV, а преносни однос струјних мерних трансформатора 2·750A/1/1/1A.

Најмања енергија коју треба да забележи примарно подешени регистар активне енергије за 1500 сати, која одговара максималној електричној струји на референтном електричном напону и $\cos\varphi=1$, је:

1) $2078461,0 \text{ MWh} < 9999999,9 \text{ MWh}$ код бројила „Б“ и „В“ (са форматом регистра енергије 7.1). Према томе, 4,81 пута је већи капацитет регистра активне енергије бројила у односу на најмању енергију која треба да се забележи, односно бројило би могло да ради са највећом струјом 7215 сати или 9,88 месеци. Са 50 % оптерећења, значи да би бројило радило 3,29 година до попуне капацитета регистра укупне активне енергије, односно до поновног бројања од нуле.

2) $1371784,2 \text{ MWh} < 9999999,9 \text{ MWh}$ код бројила „Б“ и „В“ (са форматом регистра енергије 7.1). Према томе, 7,29 пута је већи капацитет регистра активне енергије бројила у односу на најмању енергију која треба да се забележи, односно бројило би могло да ради са највећом струјом 10935 сати или 1,25 година. Са 50 % оптерећења, значи да би бројило радило 5 година до попуне капацитета регистра укупне енергије, односно до поновног бројања од нуле.

3) $857365,15 \text{ MWh} < 9999999,9 \text{ MWh}$ код бројила „Б“ и „В“ (са форматом регистра енергије 7.1). Према томе, 11,66 пута је већи капацитет регистра активне енергије бројила у односу на најмању енергију која треба да се забележи, односно бројило би могло да ради са највећом струјом 17490 сати или 2 године. Са 50 % оптерећења, значи да би бројило радило 8 година до попуне капацитета регистра укупне енергије, односно до поновног бројања од нуле.

Бројила „Г“ и „Д“ на сликама 6б и 6в, респективно, су од истог произвођача као бројила „Б“ и „В“, са могућношћу приказа резултата у регистрима енергије са радном резолуцијом на 4–5 децималних места и са испитним режимом за привремено подешавање резолуције на 4–5 децималних места (ако су у радном режиму подешена на мању резолуцију). У односу на бројила „Б“ и „В“, на сликама 5 и 6а, респективно, која имају 8-цифрене регистре активне енергије на екрану бројила, бројила „Г“ и „Д“ имају 10-цифрене регистре активне енергије на екрану. Ова бројила су ове године набављена (49 бројила „Г“, од којих су 39 за назначену струју од 1 А и 24 бројила „Д“ за назначену струју од 1 А) и предвиђена су да буду монтирана на мерним местима која контролише ОПС ЕМС АД. Бројила „В“ и „Д“ се користе за међудржавну размену енергије. Бројило „Д“ сматра се бројилом за производњу и пренос електричне енергије са изузетном прецизношћу и испуњава захтеве за квалитет електричне енергије за сертификацију класе А (према стандарду IEC 61000-4-30).

5.2 Грешка услед ограничене резолуције регистра енергије екрана примарно подешених бројила „Б–Д“ на једно децимално место у мегават-сатима

Могуће унутрашње константе за електрично бројило „Б“ на слици 5 су из скупа [500; 1000; 2000; 5000; 10000; 20000; 40000; 50000; 100000; 200000] imp./kWh (импулса по киловат-часу). Могуће унутрашње резолуције бројила су, респективно, из скупа [0,002; 0,001; 0,0005; 0,0002; 0,0001; 0,00005; 0,000025; 0,00002; 0,00001; 0,000005]. Трофазно бројило „А“ за индиректни прикључак на слици 1 прави се увек за константу 10000 imp./kWh, а за директни прикључак и класу 1 увек за константу 1000 imp./kWh. Ако је константа електричног бројила већа или једнака 2000 imp./kWh, стварна мерна грешка услед ограничене резолуције регистара енергије екрана секундарно подешеног електричног бројила на три децимална места у kWh-овима је $(0,5 \cdot 0,001) \text{ kWh} = 0,0005 \text{ kWh}$.



(а)



(б)



(в)

Слика 6: (а) Бројило „В“ снимљено у разводном постројењу РП 400 kV Ђердап 1 (у децембру 2022. године) са 8-цифреним регистром енергије на екрану. (б) Бројило „Г“ са 10-цифреним регистром на екрану снимљено 2025. године у КТ -у ЕМС АД. (в) Бројило „Д“ са 10-цифреним регистром на екрану снимљено 2025. године у КТ -у ЕМС АД.

У ЕЕ постројењима за назначени напон од 110 kV и више, због величине постројења и великих дужина електричних каблова, како би се смањили губици електричне енергије на њима, сразмерни квадрату електричне струје, за мерење електричне енергије у мрежи обично се користе бројила високе класе тачности за индиректни прикључак, са назначеном струјом од 1 А и назначеним међуфазним напонем од 100 V.

У пракси се, у поменутих ЕЕ постројењима, користе трофазна, углавном секундарно подешена, бројила у власништву ЕМС АД-а за индиректни прикључак, са константама бројила углавном 10000 imp./kWh или више и за класу тачности 0,2S.

Према примерима 1)–3) из потпоглавља 5.1, јасно је да, без икакве сумње, регистар енергије екрана примарно подешеног бројила („Б“ или „В“) са осам цифара (у формату 7.1) у власништву ЕМС АД-а може да прикаже најмању потребну енергију за 1500 сати, која одговара максималној електричној струји на референтном електричном напону и $\cos\varphi=1$, задату „Правилником о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2S“ [4].

У 1) првом, 2) другом и 3) трећем примеру из потпоглавља 5.1, производи преносних односа напонских и струјних мерних трансформатора су, респективно: 1) $4 \cdot 10^6$, 2) $2,64 \cdot 10^6$ и 3) $1,65 \cdot 10^6$. При „примарно“ подешеном електричном бројилу („Б“ или „В“) са јединицом енергије регистра екрана у MWh-овима, грешке услед ограничене резолуције регистра активне енергије, за константу мерила 2000 imp./kWh и више, у 1) првом, 2) другом и 3) трећем примеру из потпоглавља 5.1 износе, респективно: 1) 2 MWh, 2) 1,32 MWh и 3) 0,825 MWh. Али пошто се у власништву ЕМС АД-а налазе бројила са константом 10000 imp./kWh и више, око пет пута би биле мање грешке услед ограничене резолуције регистра активне енергије на екрану бројила, сведене у бројилу на примарну страну. У примерима 1)–3), оне би респективно износиле: 1) 0,4 MWh, 2) 0,264 MWh и 3) 0,165 MWh, а за константу 40000 imp./kWh биле би респективно: 1) 0,1 MWh, 2) 0,066 MWh и 3) 0,041 MWh, што би и даље било релативно читљиво уз заокруживање резултата у регистрима енергије са форматом 7.1 на екранима бројила „Б“ и „В“. Могло би се рећи да се примарним подешавањем у MWh-овима (у формату 7.1), зависно од константе бројила, могу респективно да добију до око: 1) 20 пута, 2) 13 пута и 3) 8 пута мање грешке услед ограничене резолуције регистра активне енергије на екранима бројила „Б“ и „В“ у односу на секундарно подешавање ових бројила са радном резолуцијом на три децимална места у kWh-овима (тј. са форматом регистра енергије 5.3).

У случају секундарних подешавања бројила „Б“, „В“, „Г“ и „Д“ са радном резолуцијом на 4 децимална места у kWh-овима, која имају ту могућност, њихове грешке услед ограничене резолуције регистра енергије на екранима тих бројила биле би мање 10 пута него када би радна резолуција регистра енергије тих бројила била подешена на три децимална места у kWh-овима.

6 ЧЕТВРТИ НЕДОСТАТАК У ОЧИТАВАЊУ СЕКУНДАРНО ПОДЕШЕНОГ БРОЈИЛА НА ТРИ ДЕЦИМАЛНА МЕСТА КЛАСЕ 0,2S И НАЗНАЧЕНЕ СТРУЈЕ 1 А У ПОГЛЕДУ НЕИСКОРИШЋЕНОСТИ КАПАЦИТЕТА РЕГИСТРА АКТИВНЕ ЕНЕРГИЈЕ ЕКРАНА БРОЈИЛА

У случају „секундарно“ подешеног трофазног електричног бројила „А“, „Б“, „В“, „Г“ или „Д“ за посредни прикључак преко мерних трансформатора, са мерењем активне електричне енергије на три децимална места у kWh-овима, при назначеној струји бројила од 1 А, назначеном међуфазном напону 100 V и фактору снаге $\cos\varphi=0,97$, и ако се узме да 1 година има 8760 часова, добија се да је протекла енергија кроз бројило за 12 месеци: 1471,758 kWh. При томе, за 1 месец протекла „секундарна“ активна електрична енергија је: 122,647 kWh. Електрична енергија из услова наведеног у првом пасусу потпоглавља 5.1 која је једнака 519,615 kWh, достигла би се за око 4 месеца и 7 дана.

При наведеним особинама бројила из првог пасуса, на крају осме године, колики је период периодичне овере бројила, у осмоцифреном регистру енергије екрана бројила „Б“ или „В“, достигла би се енергија од свега 11774,066 kWh. Дакле, за осам година процентуално се достигне на осмоцифреном екрану: 11,77 % целог опсега регистра енергије бројила, што је 0,98 % годишње. У ствари у регистрима енергије бројила „Б“ и „В“, (приказаних на сликама 5 и 6а, респективно), са резолуцијом на три децимална места у kWh-овима, достигла би се највећа могућа вредност од 99999,999 kWh за 67,95 година. Када би се бројила „Б“ и „В“ подесила секундарно са резолуцијом на 4 децимална места (што је могуће и у радном и у испитном режиму), вредност од 9999,9999 kWh би се у регистру активне енергије екрана бројила достигла за 6,8 година при назначеној вредности струје.

При наведеним особинама бројила из првог пасуса, за деветоцифрени екран електричног бројила „А“ на слици 1, највећа могућа вредност од 999999,999 kWh би се достигла за 679,5 година, тј. за 10 пута веће време него код бројила „Б“ и „В“ при подешавању регистра енергије екрана бројила на три децимална места у kWh-има. За осам година процентуално се достигне на деветоцифреном екрану: 1,177 %, што је 0,098 % годишње од највеће могуће вредности енергије на регистру екрана бројила „А“ при назначеним условима.

7 ЗАКЉУЧАК

У овом раду циљ је био да се објасне четири недостатка коришћења паметних бројила „А“, „Б“, „В“, „Г“ и „Д“, назначених величина: класе тачности 0,2S, фазне струје 1 А, највеће струје 2 А и фазног напона 57,74 V у високонапонским постројењима, са приказом секундарне активне електричне енергије са резолуцијом на три децимална места у kWh-овима. У вези са четири недостатка подешавања регистара активне енергије екрана ових бројила, закључује се следеће:

Први недостатак је у погледу поузданости обрачуна електричне енергије. Са бројила у власништву ЕМС АД-а најчешће се читава секундарно измерена енергија, која се накнадно множи са обрачунском константом задатом у корисничким програмима за обрачун електричне енергије, за коју не постоји физичка заштита од њене могуће промене. Да би се превазишао овај недостатак, предлаже се да се бројила примарно подешавају са унетим стварним преносним односима струјних и напонских мерних трансформатора у законски релевантном софтверу бројила, тако да тим критичним параметрима буде и физички онемогућен приступ државним жиговима постављеним приликом овере бројила.

1) Други недостатак је у прорачуну техничких губитака на преносним елементима ЕЕС-а. У односу на просечне вредности губитака електричне енергије, разматране релативне грешке техничких губитака на појединим преносним елементима ЕЕС-а, због ограничене резолуције регистара активне енергије екрана бројила на три децимална места у kWh-овима, биће:

1. за енергетски трансформатор подизач напона од генератора до преносног вода или спуштач напона са преносног вода на дистрибутивну мрежу: $\pm(0,3307 - 0,6613) \%$ просечне енергије губитака на трансформатору у односу на средње оптерећење од 50 % назначене вредности снаге и за тарифне регистре;

2. за преносни вод (преносни далековод или кабл): $\pm(0,1653 - 0,3307) \%$ просечне активне енергије губитака на датом преносном воду у односу на средње оптерећење од 50 % назначене вредности снаге и за тарифне регистре.

Други недостатак може да се реши на више начина:

- i. Први начин је секундарним подешавањем бројила „Б“, „В“, „Г“ и „Д“ са резолуцијом на четири децимална места у kWh-има, чиме би се, за уобичајену константу бројила од 10000 (imp.)/kWh, горе наведене грешке смањиле 10 пута, а за константе бројила преко 20000 (imp.)/kWh и 20 пута.
- ii. Други начин је секундарним подешавањем бројила „Г“ и „Д“ на пет децималних места у kWh-има, чиме би се, за константе бројила од 40000 (imp.)/kWh, 50000 (imp.)/kWh, 100000 (imp.)/kWh и 200000 imp./kWh, горе наведене грешке смањиле 40 пута, 50 пута, 100 пута и 200 пута, респективно;
- iii. Трећи начин је примарним подешавањем бројила „А“, „Б“, „В“, „Г“ и „Д“ у MWh-има и то на два до три децимална места за бројила „Г“ и „Д“, најмање на једно до два децимална места за бројило „А“ и најмање на једно децимално место за бројила „Б“ и „В“ (а по могућности и више, ако може да се задовољи услов из првог пасуса потпоглавља 5.1), чиме би се грешке смањиле $(2000)/C_{ii}$ пута (где је C_{ii} – константа испитиваног бројила у [kWh]).

2) Трећи недостатак је у дужини провере регистара активне енергије екрана бројила описаних у првом пасусу овог поглавља (пре свега бројила „А“), према најмањој задаваној енергији из једначине (2).

Предлажу се следећи начини отклањања трећег недостатка:

I. Ако се остане на примени исте методе у КТ-у ЕМС АД, онда је потребно:

1. да се примене исти начини за отклањање овог недостатка, као што је предложено за други недостатак у тачки 2) овог поглавља. Предложени методи у тачки 2) за смањивање грешке читавања регистара енергије екрана бројила поклапају се са методима за смањење времена провере регистара енергије за исти број пута.
2. да се примени стандард SRPS EN IEC 62058-31:2011 [10], којим се као критеријум узима 1 %, а не НДГ/10 (према једначини (2)) или НДГ/4 (према упутству ДМДМ-а од 10.9.2021. године и чешком пропису [7]). За примену ове методе са другим критеријумом од оног у домаћем Правилнику [4], у најмањем дозвољеном трајању од 19,05 минута [11], потребно је ново упутство ДМДМ-а.

II. Најисправнији начин провере регистра био би поређењем енергије из регистра екрана бројила и енергије која се добија бројањем импулса са испитног излаза бројила (нпр. оптичког), уз примену једначине (2) за задавану најмању дозвољену енергију, као према препоруци OIML R 46-1/-2 [5] и стандарду SRPS EN IEC 62052-11:2022 [6].

Тада би то било чисто утврђивање грешке регистра енергије екрана бројила, јер нема утицаја случајне грешке бројила на коначни резултат. Скенирајуће главе за оптичке импулсе постоје у КТ-у ЕМС АД на сваком мерном месту испитних станица.

3) Четврти недостатак је у погледу неискоришћености капацитета регистра активне електричне енергије екрана секундарно подешеног бројила на три децимална места у kWh-има, које је описано у првом пасусу овог поглавља. Ако се претпостави назначено оптерећење на мерном месту (уз $\cos\varphi = 0,97$ и 8760 часова у години), да би се достигла највећа могућа вредност регистра енергије екрана, потребно је време од:

1. 679,5 година за секундарно подешено бројило „А“ са 9-цифреним екраном са резолуцијом на три децимална места у kWh-има, што је за просечни радни век бројила „А“ од нпр. 20 година – 34 пута више. Очигледно су бројила „А“ са деветоцифреним регистрима енергије екрана предодређена за њихово примарно подешавање, јер не могу у радном режиму да се ти регистри подесе са резолуцијом већом од три децимална места;
2. 68 година за секундарно подешена бројила „Б“ и „В“ с осмоцифреним екраном са резолуцијом на три децимална места у kWh-има, односно 6,8 година за ова бројила са резолуцијом на четири децимална места у kWh-има;
3. 6795 година за секундарно подешена бројила „Г“ и „Д“, ако би се подесило приказивање регистра енергије екрана ових бројила на свих 10 могућих цифара, али са резолуцијом регистра енергије на три децимална места, односно 679,5 година за ова бројила са резолуцијом на четири децимална места у kWh-има, односно 67,95 година за ова бројила са резолуцијом на пет децималних места у kWh-има (за константу бројила 20000 imp./kWh и више).

Пошто 24 бројила „Д“, назначене струје од 1 А, назначене највеће струје од 2 А, назначеног фазног напона од 57,74 V и класе тачности 0,2S, која су набављена 2025. године за потребе ЕМС АД-а, имају константу 50000 imp./kWh, било би боље да су та бројила (као на слици 6в) била подешена са радном резолуцијом регистра активне енергије на 5 децималних места у kWh-има, из разлога веће тачности читавања података за активну електричну енергију.

За средње оптерећење на мерном месту од 50 % назначеног оптерећења, била би двоструко већа претходно израчуната времена за попуну капацитета регистра енергије бројила за разне резолуције регистра у kWh-има.

Четврти недостатак може да се ублажи на први начин и скоро потпуно елиминише на други начин који су описани испод:

- 1) Први начин је секундарно подешавање бројила „Б“, „В“, „Г“ и „Д“ са резолуцијом на четири децимална места у kWh-има, чиме би се бројеви година до достизања највеће вредности регистра енергије екрана ових бројила смањили 10 пута. Код бројила „Г“ и „Д“ треба резолуција регистра енергије екрана бројила да се подеси на пет децималних места кад год је константа бројила преко 10000 imp./kWh (нпр. 20000 imp./kWh и више).

- 2) Други, ефикаснији начин (при чему би се решио и први недостатак) је примарно подешавање бројила „А“, „Б“, „В“, „Г“ и „Д“ у MWh-има, и то на два до три децимална места за бројила „Г“ и „Д“, најмање на једно до два децимална места за бројило „А“ и најмање на једно децимално место за бројила „Б“ и „В“ (а по могућности и више ако може да се задовољи услов из првог пасуса потпоглавља 5.1), чиме би се број година до достизања максималне вредности регистара активне енергије екрана бројила неупоредиво више смањено у односу на секундарно подешавање бројила са резолуцијом на три децимална места у kWh-има. Време досизања максималне вредности активне енергије у регистру екрана зависиће од производа преносних односа струјних и напонских мерних трансформатора на датом мерном месту, што је описано у потпоглављу 5.1.

8 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Правила о раду преносног система, новембар 2023. године.
- [2] Environmental Product Declaration, Power Transformer TrafoStar 500 MVA, ABB Power Transmission, ABB Transformer AB, Ludvika, Sweden, 2003.
- [3] Study on the comparative merits of overhead electricity transmission lines versus underground cables, Ecofys Germany GmbH, 2008.
- [4] Правилник о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S, "Службени гласник РС", бр. 104/16.
- [5] OIML R 46-1/-2: Active electrical energy meters. Part 1: Metrological and technical requirements, Part 2: Metrological controls and performance tests, 2012.
- [6] SRPS EN IEC 62052-11:2022 „Опрема за мерење електричне енергије – Општи захтеви, испитивања и услови испитивања – Део 11: Мерна опрема“, Институт за стандардизацију Србије, 31. 10. 2022.
- [7] Draft General Measure number: 0111-OOP-C02218 laying down the metrological and technical requirements for legally controlled measuring instruments, including test methods for type approval and verification of the following legally controlled measuring instruments: ‘electricity meters’, Czech Metrology Institute, 2019.
- [8] Đ. Dukanac, „Analiza vremena ispitivanja i greške očitavanja pametnih brojila električne energije u zavisnosti od njihovog podešenja“, XXXVI Međunarodno savetovanje „ENERGETIKA 2021“, Zlatibor, Srbija, 22–25. jun 2021., strane 226–232, ISBN 978-86-86199-03-4.
- [9] Đ. Dukanac, „Analiza ispunjenosti uslova za mernu nesigurnost sistema za kontrolu pametnih brojila i smanjenje vremena provere registra“, Energija, ekonomija, ekologija, 2, XXVI (2024) (str. 61–70).
- [10] SRPS EN 62058-31:2011 Опрема за мерење електричне енергије (наизменичне струје) — Контрола пријема — Део 31: Посебни захтеви за статичка бројила активне енергије (класе 0,2S, 0,5S, 1 и 2 и индекса класе А, В и С), Институт за стандардизацију Србије, 31.3.2011.
- [11] The Energy Meter Register Resolution, CLOU GLOBAL Technology Co LTD, <https://clouglobal.com/the-energy-register-resolution-for-electronic-meters/>