

DOI: [10.46793/CIGRE37.B5.11](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.B5.11)**B5.11****ИЗАЗОВИ ПРИ ПРОВЕРИ РЕГИСТАРА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ПОСТУПКУ
ОВЕРАВАЊА ПАМЕТНИХ БРОЈИЛА У ПОГЛЕДУ ДОМАЋИХ ПРОПИСА И
МОГУЋНОСТИ МЕРЕЊА И УЗ ПОРЕЂЕЊА СА МЕЂУНАРОДНИМ
СТАНДАРДИМА И ПРОПИСИМА****CHALLENGES IN VERIFYING ELECTRICAL ENERGY REGISTERS IN THE PROCESS
OF VERIFYING SMART METERS IN TERMS OF DOMESTIC REGULATIONS AND
MEASUREMENT CAPABILITIES AND BY COMPARISON WITH INTERNATIONAL
STANDARDS AND REGULATIONS****Ђорђе Дуканац***

Кратак садржај: У поступку овере паметних бројила, у домаћим правилницима предвиђено је и испитивање регистара енергије. Тако су уведене чак четири различите дефиниције за класе тачности 0,2S, 0,5S, 1, 2, А, В и С за бројила активне енергије, као и 2 и 3 за бројила реактивне енергије, чије строго поштовање није увек технички изводљиво. У Међународној препоруци OIML R 46-1/-2 за бројила активне електричне енергије прописана је провера регистара бројила у поступку овере бројила на сличан начин као за испитивање константи бројила, преко уређаја за скенирање импулса. У Контролном телу ЕМС АД, провера регистра енергије вршена је другом методом, тако да релативна разлика енергије на регистру испитиваног бројила и енергије мерене еталон бројилом буде мања од највеће дозвољене грешке бројила, уз истовремено уважавање услова за време испитивања из OIML прописа, које је непотребно превелико. У овом раду биће описани сви ови изазови при провери регистара електричне енергије у поступку оверавања паметних бројила.

Кључне речи: електрична енергија, испитни (импулсни) излаз, константа бројила, највећа дозвољена грешка (НДГ), паметно бројило, провера регистра.

Abstract: Domestic regulations also provide for the testing of energy registers during the verification procedure of smart meters. Thus, four different definitions have been introduced for accuracy classes 0.2S, 0.5S, 1, 2, A, B, and C for active energy meters, as well as 2 and 3 for reactive energy meters, the strict observance of which is not always technically feasible. The International Recommendation OIML R 46-1/-2 for active electricity meters prescribes the meter registers check in the meter verification procedure in a similar way as for the testing of meter constants via a pulse scanning device.

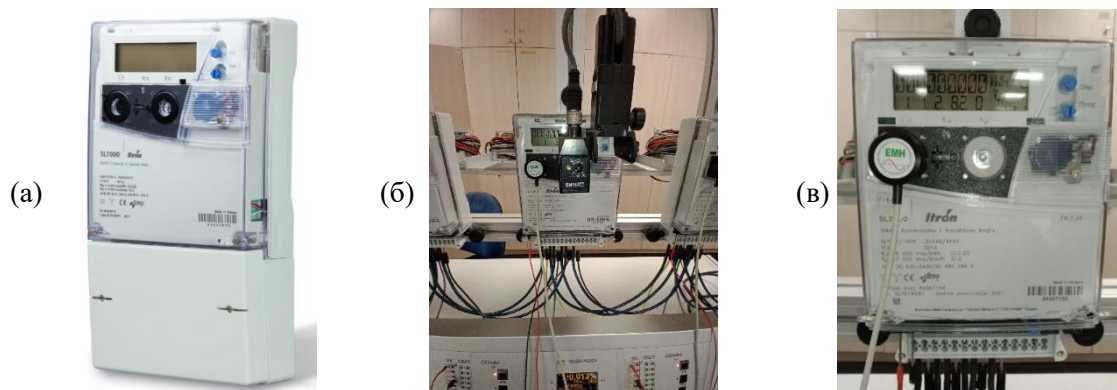
* Ђорђе Дуканац, Акционарско друштво "Електромрежа Србије" Београд, djordje.dukanac@ems.rs

In the Inspection Body of EMS AD, the energy register was checked using a different method so that the relative difference between the energy on the register of the meter under test and the energy measured by the reference standard was less than the maximum permissible error of the meter, while at the same time respecting the condition for the test time from the OIML regulation, which is unnecessarily large. This paper will describe all these challenges when verifying the electricity registers in the smart meter verification process.

Key words: *electrical energy, test (pulse) output, meter constant, maximum permissible error (MPE), smart meter, register check.*

1 УВОД

У поступку (прве, редовне или ванредне) овере паметних бројила, у домаћим правилницима, за различите класе тачности бројила предвиђена је и провера регистара електричне енергије бројила, при чему постоји много различитих одређења за ово испитивање, па чак и контрадикторних, што ће бити образложено у овом раду. Разматрају се статичка (електронска) бројила електричне енергије следећих класа тачности за које је Контролно тело АД „Електро mreжа Србије“ (КТ ЕМС АД) акредитовано: 0,2S, 0,5S, 1, В и С за бројила активне енергије, као и 2 и 3 за бројила реактивне енергије. За бројила активне електричне енергије сертифицирована према MID-у (енгл. Measurement Instrument Directive), према Европским стандардима EN50470-1/-3 [1] одређене су три посебне класе тачности: А, В и С. Ове класе су упоредиве са класама тачности 2, 1 и 0,5S за бројила активне електричне енергије која нису сертифицивана према MID-у, а одређена су стандардима IEC62053-21/-22 [2,3]. Тако, при назначеној струји, класама А и 2 одговара 2 % НДГ, класама В и 1 – 1 % НДГ, а класама С и 0,5S – 0,5 % НДГ бројила.



Слика 1: (а) Бројило „А“ електричне енергије класе тачности 0,2S, за назначену струју 1 А, назначену највећу струју 2 А, назначени фазни напон 57,74 V, за индиректно прикључење на мрежу, које је секундарно подешено са резолуцијом на највише три децимална места (у kWh-има) и нема испитни режим. (б) Провера тачности бројила „А“ у КТ-у ЕМС АД. (в) Провера регистра енергије бројила „А“ у КТ-у ЕМС АД.

У власништву ЕМС АД-а су готово искључиво бројила класе 0,2S за активну енергију и класе 2 за реактивну енергију, назначеног фазног напона 57,74 V, за индиректно прикључење на мрежу преко мерних трансформатора и веома претежно за назначену струју 1 А и највећу струју 2 А, и углавном су секундарно подешена. На слици 1а приказано је најпроблематичније бројило „А“ с гледишта провере регистра енергије, које се узима за угледни пример у овом раду, а које то не би било да се најчешће не подешава на секундарни начин са резолуцијом на три децимална места (у kWh-има).

Оно је са подацима из претходног пасуса, али нема испитни режим са могућношћу подешавања резолуције регистра енергије на четири децимална места, док у радном режиму може да приказује енергије на највише три децимална места. Претпоставиће се у овом раду да је уобичајено подешено да има приказ секундарне енергије (у kWh-има) са том радном резолуцијом. На слици 1б приказано је бројило „А“ при одређивању тачности бројила за различите мерне тачке (тј. комбинације трофазних напона, струја и фактора снаге) помоћу скенирајуће главе за оптичке импулсе постављене испред оптичког испитног излаза бројила у КТ-у ЕМС АД. На слици 1в приказано је бројило „А“ при провери регистра енергије на бројилу у КТ-у ЕМС АД, помоћу оптичке комуникационе главе којом се читава почетно и крајње стање регистра енергије, ако за то постоји одговарајући комуникациони модул (тј. скрипта), а ако она не постоји, та се стања читавају ручно са екрана бројила.

2 ЗАХТЕВИ ЗА ПРОВЕРОМ КОНСТАНТИ И/ИЛИ ПРОВЕРОМ РЕГИСТРА ЕНЕРГИЈЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ БРОЈИЛА ПРЕМА МЕЂУНАРОДНОЈ ПРЕПОРУЦИ OIML R 46-1/-2, МЕЂУНАРОДНИМ СТАНДАРДИМА И ЧЕШКОМ ПРОПИСУ

Важећи домаћи правилници за проверу регистра енергије бројила би требали да се ослањају на: 1) међународну препоруку OIML R 46-1/-2 [4] и 2) међународне стандарде за одговарајуће класе тачности бројила и тип енергије (активне енергије или реактивне енергије).

2.1 Провера константи и провера регистра према међународној препоруци OIML R 46-1/-2 за бројила активне електричне енергије класа тачности А, В и С

Према међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4], утврђују се метролошки и технички захтеви који се примењују на бројила електричне енергије која подлежу законским метролошким контролама. Ови захтеви се примењују током одобрења типа, овере и поновне овере бројила. OIML R 46-1/-2 је међународни пропис који је једини наведен за бројила активне електричне енергије у „Списку нормативних докумената из области мерила“ („Службени гласник РС“, број 30/2022) који је саставио Министар привреде [5], иако се односи само на бројила сертифициована према MID-у. У овој препоруци, провера константи се изједначава са провером регистра, која се под тим именом одређује као обавезна приликом овере бројила у свим домаћим правилницима за бројила активне електричне енергије класа тачности 0,2S, 0,5S, 1, 2, А, В и С и за бројила реактивне енергије класа тачности 2 и 3.

2.1.1 Провера мерних константи бројила према међународној препоруци OIML R 46-1/-2

Прво је потребно да се објасне појмови мерне константе, испитног излаза, показног уређаја и регистра према препоруци OIML R 46-1/-2 [4]. Тако је мерна константа вредност која представља однос између енергије коју је регистровало мерило и одговарајуће вредности испитног излаза. Испитни излаз је уређај који може да се користи за испитивање мерила, обезбеђујући импулсе или средства за обезбеђење импулса који одговарају енергији измереној помоћу мерила. Даље, показни уређај (дисплеј) је део мерила којим се приказују мерени резултати, било стално или на захтев. Показни уређај може такође да се користи за приказ других важних обавештења. И на крају, регистар је електронски уређај статичког бројила у коме се складиште мерене вредности и може да буде део показног уређаја [4].

Према препоруци OIML R 46-1/-2 [4], ради провере да ли однос између основног регистра енергије и коришћених испитних излаза задовољава спецификације произвођача, релативна разлика не сме да буде већа од једне десетине основне НДГ. Ово испитивање је једино применљиво ако се испитни (импулсни) излази користе за испитивање захтева за тачношћу бројила. Сви регистри и импулсни излази који су под законском контролом морају бити испитани, осим ако је успостављен систем који гарантује идентично понашање свих константи бројила. Испитивање треба да се изврши пропуштањем износа енергије E кроз мерило, где је E бар:

$$E_{min} = \frac{1000 \cdot R}{b [\%]} [Wh] \quad (1)$$

где су:

R – очигледна резолуција основног регистра енергије изражена у [Wh];

b [%] – основна НДГ изражена у [%].

Треба да се прорачуна релативна разлика између регистроване енергије и енергије пропуштене кроз мерило, дате бројем импулса са испитног излаза, да не буде већа од једне десетине НДГ. Испитивање се изводи при једној произвољној струји $I \geq I_{tr}$ (где је I_{tr} – прелазна струја изнад које је мерило одређено да буде у оквиру најмање НДГ која одговара класи тачности бројила и 20 пута је мања од назначене струје бројила за прикључење преко мерних трансформатора).

Било који начин може да се користи да се повећа очигледна резолуција R основног регистра, под условом да се води рачуна да се осигура да резултати одсликавају стварну резолуцију базног регистра. Вредност b се бира према изабраној испитној тачки (према изабраној јачини струје при мерењу) [4].

2.1.2 Провера регистра бројила према међународној препоруци OIML R 46-1/-2

Према препоруци OIML R 46-1/-2 [4], ако се испитни (импулсни) излази користе за испитивања захтева за тачношћу, испитивање мора да буде извршено да би се осигурало да однос између основног регистра енергије и битног испитног (битних испитних) излаза одговара оном који је одредио произвођач.

Испитивање се изводи пропуштањем износа енергије E кроз мерило, где је $E \geq E_{min}$, а E_{min} одређено једначином (1). Енергија пропуштена кроз мерило се прорачунава коришћењем броја импулса са испитног излаза. Одређује се релативна разлика између ове енергије и регистроване енергије. Ова релативна разлика не сме да буде већа од једне десетине основне НДГ. Испитивање се изводи при једној произвољној струји $I \geq I_{tr}$ [4].

Ради појашњења, треба нагласити да испитни (импулсни) излаз бројила може да буде оптички и електрични. Међутим, ради бројања импулса са оптичког испитног излаза и електричног испитног излаза, што је неопходно при провери мерних константи ових испитних излаза, потребни су респективно спољни хардвери за бројање оптичких и електричних импулса.

2.1.3 Доказ да је једначина (1) према препоруци OIML R 46-1/-2 само приближна

Према одељку 2.1.2 пореди се енергија израчуната преко броја импулса са испитног излаза E_{ii} и енергија из регистра бројила E_r .

Обе ове енергије садрже исту апсолутну мерну несигурност мерног система $\Delta\epsilon_{ms}$ и апсолутну случајну грешку самог бројила $\Delta\epsilon_{br}$. Када се нађе апсолутна грешка ове две енергије $\Delta\epsilon_1$ остаје само грешка услед ограничене резолуције измерене вредности енергије у регистру (на екрану бројила), тј. систематска грешка бројила $\Delta\epsilon_R$, што је представљено у једначини (2):

$$\Delta\epsilon_1 = |E_r - E_{ii}| = (E_i + \Delta\epsilon_{ms} + \Delta\epsilon_{br} + \Delta\epsilon_R) - (E_i + \Delta\epsilon_{ms} + \Delta\epsilon_{br}) = \Delta\epsilon_R \quad (2)$$

где је E_i – идеална вредност енергије. Применом методе мерења према препоруци OIML R 46-1/-2 добија се најмања дозвољена енергија која треба да се пропусти кроз електрично бројило:

$$\frac{|E_r - E_{ii}|}{E_{ii}} \leq \frac{b}{10} \Rightarrow \frac{\Delta\epsilon_R}{E_{ii}} \leq \frac{b [\%]}{1000} \Rightarrow E_{iimin} = \frac{1000 \cdot \Delta\epsilon_R}{b [\%]} \quad (3)$$

где је $\Delta\epsilon_R$ једнако очигледној резолуцији регистра екрана бројила R из једначине (1) или резолуцији $R/2$ ако се врши заокруживање вредности енергије, под условом да је оптичка мерна константа бројила довољно велика [6–10].

За разлику од једначине (1), према међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4], у једначини (3) је на левој страни најмања енергија на испитном излазу бројила E_{iimin} , док је у једначини (1) са леве стране најмања енергија на улазу бројила E_{min} , тј. она која се мери еталоном и пропушта кроз бројило. Разлика ове две најмање енергије $\Delta\epsilon_2$ једнака је апсолутној случајној грешци самог бројила $\Delta\epsilon_{br}$, као у једначини (4):

$$\begin{aligned} \Delta\epsilon_2 = E_{iimin} - E_{min} &= (E_{imin} + \Delta\epsilon_{ms} + \Delta\epsilon_{br}) - (E_{imin} + \Delta\epsilon_{ms}) = \Delta\epsilon_{br} \Rightarrow \\ &\Rightarrow E_{iimin} = E_{min} + \Delta\epsilon_{br} \end{aligned} \quad (4)$$

где апсолутна случајна грешка самог бројила $\Delta\epsilon_{br}$ зависи од класе тачности бројила. Измерена релативна случајна грешка самог бројила треба да буде мања од НДГ бројила:

$$\epsilon_{br} = \frac{\Delta\epsilon_{br}}{E_{min}} < b \quad (5)$$

Касније, у једначини (8), видеће се шта је релативна случајна грешка бројила ϵ_{br} , у општем случају. Сменом E_{iimin} из једначине (4) у једначину (3) добија се:

$$E_{min} = \frac{1000 \cdot \Delta\epsilon_R}{b [\%]} - \Delta\epsilon_{br} \Rightarrow E_{min} = \frac{1000 \cdot \Delta\epsilon_R}{b [\%] \cdot (1 + \epsilon_{br})} \quad (6)$$

Из једначина (1) и (6) види се да је једначина (1) само приближна, јер се добија из једначине (6) када се у имениоцу количника други члан производа $b [\%] \cdot (1 + \epsilon_{br})$ приближно изједначи са 1.

2.1.4 Расправа у вези дефиниција повере мерних константи и провере регистра према међународној препоруци OIML R 46-1/-2

Из дефиниција провере мерних константи и провере регистра према препоруци OIML R 46-1/-2 [4], види се да је примењена мерна метода иста, тј. поређењем релативне грешке показивања регистра енергије и енергије добијене коришћењем броја импулса са испитног излаза да резултат буде мањи од 1/10 НДГ.

Такође, критеријум за избор најмање дозвољене енергије испитивања (према једначини (1)) је исти. Значи да су те две врсте провера у ствари исте с обе тачке гледишта.

2.2 Провере мерних константи и једна „овера регистра“ бројила према важећим међународним стандардима за бројила активне електричне енергије класа тачности 2, 1, 0,5S, 0,2S, A, B и C, као и бројила реактивне енергије класа тачности 2 и 3

За разлику од препоруке OIML R 46-1/-2 [4], међународни стандарди обухватају бројила у читавом опсегу класа тачности, било да су она за активну или реактивну енергију. Биће разматрана 4 међународна стандарда која упућују на проверу мерне константе дефинисане у 5. међународном стандарду, као и 6. међународни стандард у коме је дефинисана „овера регистра“.

2.2.1 Провере мерних константи бројила према међународним стандардима: SRPS EN IEC 62053-21:2022, SRPS EN IEC 62053-22:2022, SRPS EN IEC 62053-23:2022, SRPS EN 50470-3:2022 и SRPS EN IEC 62052-11:2022

У следећим стандардима налази се провера мерне константе у њиховим поглављима 7 под истим називом: „Захтеви за тачношћу“: 1) SRPS EN IEC 62053-21:2022 [2], 2) SRPS EN IEC 62053-22:2022 [3], 3) SRPS EN IEC 62053-23:2022 [11] и 4) SRPS EN 50470-3:2022 [1]. Провера мерне константе у напред наведеним стандардима није непосредно наведена, већ се на њу упућује да се налази у 5. међународном стандарду: SRPS EN IEC 62052-11:2022 [12].

У поглављу 7 стандарда: SRPS EN IEC 62052-11:2022 [12], под називом: „Метролошки захтеви и испитивања метролошких особина“, одређује се провера мерне константе. Однос између испитног излаза и показивања на показном дисплеју, ако је присутан, и/или садржај регистра енергије мерила прочитан преко комуникацијског међусклопа треба да буде у сагласности са вредношћу мерне константе. Разлика између вредности одређене (или прорачунате) са испитног излаза и вредности на показном дисплеју, или садржаја регистра прочитаног преко комуникацијског прикључка за податке не треба да пређе $\pm 1/10$ -ину од ограничења унутрашње грешке бројила за битну класу тачности, осим за мерила класе тачности 0,1S. За бројила са класом тачности 0,1S ова разлика може да буде већа, али не треба да превазиђе $\pm 0,02$ %. У документацији произвођача и извештају о испитивању треба да се наведе број импулса потребан за потврду овог захтева. Усаглашеност треба да буде проверена помоћу мерења са довољним износом енергије, праћењем испитног излаза и читавањем екрана [12].

Може да се закључи да се у наведеним међународним стандардима, поменутих у овом одељку, и према међународној препоруци OIML R 46-1/-2, поменутој у потпоглављу 2.1, за проверу мерне константе тражи исто, тј. да релативна разлика између садржаја регистра енергије и вредности испитног излаза не буде већа од $1/10$ НДГ бројила.

2.2.2 Овера регистра према међународном стандарду SRPS EN IEC 62058-31:2011

Овде се описује шести стандард који се односи на бројила активне електричне енергије свих класа тачности за које је КТ ЕМС АД акредитован, а то је SRPS EN IEC 62058-31:2011. Окрепа за мерење електричне енергије (наизменичне струје) — Контрола пријема — Део 31: Посебни захтеви за статичка бројила активне енергије (класа 0,2S, 0,5S, 1 и 2 и индекса класа A, B и C) [13].

У поглављу 5 овог стандарда под називом „Процедура испитивања“ одређује се и провера регистра. Описано је да ово испитивање треба да буде изведено мерењем довољног износа енергије, да би се оверило да је тачност прираштаја очитавања регистра боља од $\pm 1\%$.

Према литератури [14], доведена енергија бројилу се бележи референтним еталоном испитне станице, а очитавање регистра може да се обави ручно или помоћу оптичке главе. Дозирана енергија се прорачунава као $110 \cdot R$, где је R – резолуција регистра енергије. Тако је, нпр., за резолуцију енергије на три децимална места довољно да се доведе енергија од 0,11 kWh. Уочава се да провера регистра уопште не зависи од класе тачности бројила.

2.3 Провера бројача бројила електричне енергије према чешким „Општим мерама број 0111-OOP-C0221-18“ за бројила електричне енергије

У Чешкој Републици, сталној чланици OIML-а и Европске уније, важе „Опште мере број 0111-OOP-C022-18“ којима се утврђују метролошки и технички захтеви за законски контролисане мерне уређаје, укључујући методе испитивања ради одобрења типа и оверу следећих законски контролисаних мерних инструмената: „мерила електричне енергије“ [15]. У овом пропису налаже се „провера бројача“ у његовом поглављу 7 „Каснија овера“. Наводи се и да свако електрично бројило мора да буде опремљено са метролошки контролисаним бројачем који може да буде електронски екран.

Прво је задат услов да се провера бројача изводи само ако је испитивање тачности спроведено коришћењем методе снимања импулса са испитиваног бројила електричне енергије. Провера бројача се изводи при фактору снаге једнаком 1 и при једној струји између назначене и највеће струје. Ако највећа струја није наведена на етикети бројила електричне енергије, за сврхе овог прописа, она је једнака 1,2 пута назначеној струји која је дата на етикети.

Даље се објашњава да бројило електричне енергије задовољава испитивање ако је, при истој струји, примећена разлика између грешке када се користи метода снимања импулса са испитиваног бројила електричне енергије и оне када се користи метода очитавања података са бројача испитиваног бројила мања од 1/10 ограничења грешке при референтним условима.

2.4 Расправа у вези дефиниција повере мерних константи и провере регистра према OIML R 46-1/-2, IEC 62053-21:2022, IEC 62053-22:2022, IEC 62053-23:2022, EN 50470-3:2022, IEC 62052-11:2022, IEC 62058-31:2011 и чешким општим мерама

Дефиниција провере мерне константе према стандарду IEC 62052-11:2022 [12] (на коју се позивају и стандарди IEC 62053-21:2022 [2], IEC 62053-22:2022 [3], IEC 62053-23:2022 [11] и EN 50470-3:2022 [1]) је иста као и у међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4]. Према чешким „Општим мерама број 0111-OOP-C0221-18“ [15] назив мерења је другачији, тј. „провера бројача“, али се дефиниција „провере бројача“ поклапа са дефиницијом мерне константе у документима из претходне реченице.

Једина разлика је за бројила класе тачности 0,2S, где се у чешком пропису дозвољава да буде 2,5 пута већа релативна разлика енергије добијене помоћу импулса са испитног излаза и енергије очитане из регистра бројила него у међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4] и у стандарду IEC 62052-11:2022 [12]. То значи и 2,5 пута мање време провере регистра (тј. „бројача“).

Међутим, одређење „овере регистра“ при пријемним испитивањима дато у стандарду IEC 62058-31:2011 [13] је потпуно различито у односу на одређење провере регистра у међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4] и одређење „провере мерне константе“ у стандарду IEC 62052-11:2022 [12]. Разлика је како у методи испитивања, тако и у критеријуму за најмање време испитивања.

3 РАЗНОВРСНОСТ ЗАХТЕВА ЗА ПРОВЕРУ РЕГИСТРА БРОЈИЛА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ДОМАЋИМ ПРАВИЛНИЦИМА У ПОСТУПКУ ОВЕРЕ БРОЈИЛА

Док су у међународним стандардима којима се одређују посебни захтеви за електрична бројила разних класа тачности (SRPS EN IEC 62053-21:2022 [2], SRPS EN IEC 62053-22:2022 [3], SRPS EN IEC 62053-23:2022 [11], SRPS EN 50470-3:2022 [1]), међународном стандарду којим се одређују општи захтеви за бројила (SRPS EN IEC 62052-11:2022 [12]) и међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4] задате исте дефиниције за проверу мерних константи/проверу регистра, у важећим домаћим правилницима за електрична бројила разних класа тачности постоје различите дефиниције (чак четири) за проверу регистра, од којих је једна чак и противречна.

3.1 Расправа у вези контрадикторне „провере регистра“ према „Правилнику о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2S“

У односу на дефиницију провере мерне константе према стандарду SRPS EN IEC 62052-11:2022 [12], стандардима који се на њега позивају и међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4], у „Правилнику о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2S“ [16] иста је дефиниција најмање дозвољене енергије која се пропушта кроз бројило (према једначини (1)) при провери регистра (тј. мерне константе). Међутим, у погледу методе провере регистра дати су контрадикторни искази.

У првом пасусу одељка 7, Прилога 3 „Оверавање бројила“, овог Правилника [16], пише: „Провера регистра врши се тако што се у бројило доведе енергија да би се утврдила једнакост импулсног излаза и регистра енергије.“ У другом пасусу се наводи критеријум за најмању дозвољену енергију за проверу регистра из једначине (1). Међутим, контрадикторно првом пасусу, у трећем пасусу Правилника [16] пише: „Разлика између задате енергије и очитане енергије на регистру не може бити већа од једне десетине дозвољене грешке при номиналним вредностима.“ Ово је контрадикторно и међународним стандардима SRPS EN IEC 62053-21:2022 [2], SRPS EN IEC 62053-22:2022 [3], SRPS EN IEC 62053-23:2022 [11], SRPS EN 50470-3:2022 [1] и SRPS EN IEC 62052-11:2022 [12] и међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4], јер се уместо енергије са испитног излаза бројила (излазне енергије бројила) помиње улазна (задата) енергија бројилу. Показано је у раније наведеној једначини (4) да се ове две енергије разликују за апсолутну случајну грешку бројила.

Додатно о контрадикторности дефиниције за „проверу регистра“ бројила из поменутог Правилника [16] и њеним последицама биће расправљано у потпоглављу 4.1, посебно у погледу прописаног знатно строжег услова за најмање време испитивања које не одговара изабраној методи испитивања у КТ-у ЕМС АД, па се провера регистра претерано дуго обавља за бројила класе тачности 0,2S за сваки регистар активне електричне енергије бројила.

3.2 Провера регистра енергије бројила према „Правилнику о бројилима реактивне електричне енергије класе тачности 2 и 3“

Одређење за проверу регистра енергије бројила према овом Правилнику [17] је у потпуности исто као одређење за провере мерних константи, односно проверу регистра, према међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4] како у погледу методе провере регистра, тако и у погледу времена провере регистра према једначини (1).

Из међународне препоруке OIML R 46-1/-2 [4], јасно се изводи закључак да су провере мерних константи и провера регистра иста испитивања међусобно условљена. У првом случају, за проверу једне од мерних константи (електричне или оптичке) захтева се провера одговарајућег испитног излаза (електричног или оптичког) релативним поређењем енергије забележене у регистру енергије и енергије добијене са одговарајућег испитног излаза у односу на задати критеријум да резултат не прелази 1/10 НДГ бројила. У другом случају захтева се провера регистра енергије, али на исти начин као провера неке од мерних константи.

3.3 Неусклађеност „провере бројчаника“ према раније важећем „Метролошком упутству за оверавање електронских (статичких) вишефункцијских бројила електричне енергије“ са међународном препоруком OIML R 46-1/-2, као и друге недоследности

Ово Метролошко упутство [18] (које је било у употреби до 31.12.2024. године за бројила класа тачности 0,5S, 1 и 2) објашњава се да би се схватио „Правилник о оверавању бројила активне електричне енергије класе тачности А, В, С, 2, 1 и 0,5S“ [19] описан у потпоглављу 3.4, који се примењује од 1.1.2025. године. У поменутом Метролошком упутству [18] не прави се разлика између бројача на електромеханичким бројилима и регистара енергије на електронским бројилима. Регистри енергије се нигде не помињу, већ само бројчаници, иако се у наслову прописа помињу електронска (статичка) бројила која имају регистре енергије.

Испитивање бројчаника наводи се у потпоглављу „3.4. Испитивање додатних функција“ и одељку „3.4.1. Испитивање бројчаника и давача импулса за даљинско мерење и комуникационих излаза (комуникациони порт)“. Наведено је да се испитивањем бројчаника бројила и давача импулса за даљинско мерење утврђује да ли је тачан податак о константи бројила и податак о константи давача импулса за даљинско мерење. Испитивање се врши поступком непрекидног оптерећења назначеном (основном) струјом бројила. Написано је и да време трајања овог испитивања треба изабрати тако да се однос вредности енергије коју региструје бројчаник бројила и вредности енергије која се добије множењем константе давача импулса и броја импулса које је регистровао бројач импулса прикључен на давач импулса за даљинско мерење може одредити са тачношћу која је најмање 4 пута већа од класе тачности испитиваног бројила, за сваки бројач [18].

Из овог услова добија се 2,5 пута мања најмања потребна енергија на испитном излазу бројила него према једначини (3) која се изводи према препоруци OIML R 46-1/-2 [4], а то значи 2,5 пута мање најмање време провере бројчаника. Према дефиницији из Метролошког упутства [18], најмања енергија на испитном излазу бројила E_{iimin} добија се на следећи начин:

$$\frac{|E_r - E_{ii}|}{E_{ii}} \leq \frac{b}{4} \Rightarrow \frac{\Delta \varepsilon_R}{E_{ii}} \leq \frac{b[\%]}{400} \Rightarrow E_{iimin} = \frac{400 \cdot \Delta \varepsilon_R}{b[\%]} \quad (7)$$

Друге недоследности су:

1) Прво, у Метролошком упутству [18] у тачки 3.4.1. говори се о критеријуму за избор времена трајања провере бројчаника, али се не наводи метода испитивања непосредно, већ само посредно, и то са задатом назначеном струјом, што није случај према међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4], где се метода мерења наводи непосредно, а време испитивања задаје преко најмање доведене енергије из једначине (1), која може да се приближно изведе на основу одређења методе испитивања (видети једначине (3) и (6)).

2) Друго, у ранијој тачки 3.2.5.3. овог Метролошког упутства [18] пише да се испитивање приказивача врши при оптерећењу $100\% I_n, \cos \varphi = 1$ или $I_m, \cos \varphi = 1$ чиме се демантују каснији наводи у тачки 3.4.1. о испитивању назначеном струјом. (Време провере регистра бројила је обрнуто сразмерно струји оптерећења.)

3) Треће, у дефиницији времена трајања испитивања у тачки 3.4.1. [18] помиње се само давач импулса за даљинско мерење, што није случај према међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4] и стандарду SRPS EN IEC 62052-11:2022 [12], где се у дефиницијама провере регистра/мерне константе помиње испитни излаз који може да буде оптички излаз бројила или давач импулса за даљинско мерење (електрични излаз бројила). Такође, познато је да је мерна константа електричног испитног излаза бројила обично мања од мерне константе оптичког испитног излаза бројила.

3.4 Расправа у вези са различитим дефиницијама за „проверу регистра“ зависно од класе тачности бројила у најновијем „Правилнику о оверавању бројила активне електричне енергије класе тачности А, В, С, 2, 1 и 0,5S“ (који је на снази од 1.1.2025.)

У овом правилнику [19] има доста разноврсности у погледу провере регистра енергије екрана бројила, зависно од класе тачности бројила. Тако се у Прилогу 2, у табели 5, дају описи услова под којима се врше провере регистара за бројила класа тачности А, В, С, 2, 1 и 0,5S. Заједничка особина ових описа је да, при свим проверама регистара за поменуте класе тачности бројила, може да се користи највећа струја датог бројила и да је прописан фактор снаге 1.

Међутим, дата су три различита услова за провере регистара активне енергије за електронска бројила различитих класа тачности: 1) први услов за бројила класа тачности А, В и С, 2) други услов за бројила класа тачности 2 и 1 и 3) трећи услов за бројила класе тачности 0,5S. У првој дефиницији провере регистра енергије (за бројила класа тачности А, В и С) наводи се само метода мерења, а у преостале две дефиниције само услови за времена провера регистара енергије, тј.:

▪ У табели 5, за бројила класа тачности А, В и С, одређење за проверу регистара енергије бројила је у потпуности исто као у међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4] и међународним стандардима SRPS EN IEC 62053-21:2022 [2], SRPS EN IEC 62053-22:2022 [3], SRPS EN IEC 62053-23:2022 [11], SRPS EN 50470-3:2022 [1] и SRPS EN IEC 62052-11:2022 [12], ако се претпостави једнакост провере мерне константе и провере регистра као према међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4]. Наведена је непосредно метода мерења, док време за извршење овог мерења може посредно да се изведе, да приближно одговара једначини (1) (видети једначине (3) и (6)).

▪ У табели 5, за електронска бројила класа тачности 1 и 2 одређује се да се испитивање приказивача врши у временским интервалима који нису краћи од 20 секунди. Ово личи на дефиницију у тачки 3.2.5.4 „Метролошког упутства за оверавање електронских (статичких) вишефункцијских бројила електричне енергије“ [18] која гласи: „Испитивање тачности мора се вршити у временским интервалима који нису краћи од 20 s.“ Међутим, према тачкама овог Метролошког упутства 3.3 „Метода испитивања тачности“ и 3.3.1 „Метода поређења са еталон бројилом“, види се да та дефиниција важи при испитивању тачности бројила методом поређења са еталон бројилом.

Релативна грешка испитиваног бројила ε_{br} у [%], изражена преко енергије измерене еталоном, израчунава се при провери тачности бројила по обрасцу:

$$\varepsilon_{br} = \frac{C_{ii} \cdot N_{ii} - C \cdot N}{C \cdot N} \cdot 100 \quad [\%] \quad (8)$$

где су:

C_{ii} – константа испитиваног бројила;

C – константа еталона;

N_{ii} – број импулса које даје испитивано бројило на испитном излазу;

N – број импулса које даје еталон бројило.

Дакле, према једначини (8), не ради се о поређењу енергије са испитног излаза бројила са енергијом очитаном са екрана и забележеном у регистру бројила, као према препоруци OIML R 46-1/-2 [4] и стандарду SRPS EN IEC 62052-11:2022 [12], што је прописано при провери регистра и/или провери мерне константе.

▪ У табели 5, за електронска бројила класе тачности 0,5S, пише: „Време трајања испитивања регистра треба да се изабере тако да се однос вредности енергије, која је добијена множењем константе давача импулса и броја импулса које је регистровао бројач импулса прикључен на давач импулса за даљинско мерење, може одредити са тачношћу најмање 2%“. Овде је испуштено да се нагласи са чим се енергија са електричног давача импулса пореди, али може да се претпостави да се поређење врши са енергијом забележеном у регистру бројила.

У напмени 4 после табеле 5 наводи се дефиниција из одељка 3.4.1. „Метролошког упутства за оверавање електронских (статичких) вишефункцијских бројила електричне енергије“ [18]. Међутим, пошто се у Правилнику [19] из наслова овог потпоглавља (који је од 1.1.2025. године за класе бројила 2, 1 и 0,5S заменио Метролошко упутство [18] описано у потпоглављу 3.3) прави јасна разлика у односу на Метролошко упутство [18] између бројача на електромеханичким бројилима и регистара енергије на електронским бројилима, онда ће се одређење за проверу бројчаника бројила у напмени 4 сматрати да се односи само на електромеханичка бројила.

4 ВРЕМЕНА ПРОВЕРЕ РЕГИСТРА И ПРОВЕРЕ КОНСТАНТИ ЕЛЕКТРИЧНОГ БРОЈИЛА ПРЕМА ПРОПИСИМА И СА ПРАКТИЧНЕ ТАЧКЕ ГЛЕДИШТА У КТ-У ЕМС АД

Све досад наведене дефиниције за проверу регистра и/или проверу мерних константи бројила у поглављима 2 и 3, према међународним и домаћим прописима, респективно, наведене су да би се направило поређење са стварном методом мерења која се примењује у пракси у КТ-у ЕМС АД. Метода која се примењује у КТ-у ЕМС АД (сигурно још од краја 2016. године, од када је аутор овог рада прешао у КТ ЕМС АД) налази се у софтверу (CamCal или Calegration) за управљање испитном станицом за бројила и зове се „испитивање регистра“ (енгл. „Register test“). (Иначе, потпуно аутоматизована испитна станица „Б“ са софтверским управљањем, од две у КТ-у ЕМС АД од истог произвођача, набављена је још 1998. године.)

Према поменутој методи, прорачунава се грешка регистра енергије ε_{re} као релативна разлика енергије која се добија из разлике енергија очитаних на екрану из регистра бројила на крају, E_{ok} , и на почетку испитивања, E_{op} , и енергије која се измери преко еталона, $C \cdot N$, на следећи начин:

$$\varepsilon_{re} = \frac{(E_{ok} - E_{op}) - C \cdot N}{C \cdot N} \cdot 100 \quad [\%] \quad (9)$$

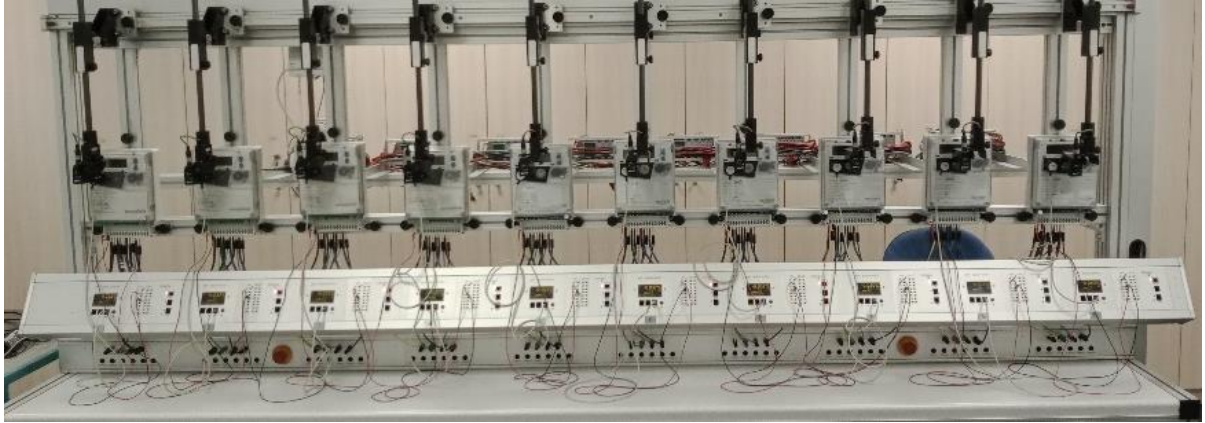
За ово мерење обично се користи оптичка комуникациона глава на испитиваном бројилу која је прикључена на испитну станицу, када постоји комуникациони модул (скрипта) за аутоматско очитавање вредности енергије из регистра екрана бројила. У супротном, очитавање регистра енергије врши се ручно, претраживањем менија са екрана бројила и уносом вредности у управљачки софтвер испитне станице.

Насупрот овој методи која се примењује у КТ-у ЕМС АД, методом задатом према препоруци OIML R 46-1/-2 [4] и међународним стандардима SRPS EN IEC 62053-21:2022 [2], SRPS EN IEC 62053-22:2022 [3], SRPS EN IEC 62053-23:2022 [11], SRPS EN 50470-3:2022 [1] и SRPS EN IEC 62052-11:2022 [12], било би потребно да се провера регистра (односно провера мерне константе) сваког бројила у низу врши помоћу обезбеђене засебне скенирајуће главе, нпр. за оптичке импулсе. Спољашњи хардвери, тј. скенирајуће главе за истовремено бројање електричних импулса на више бројила, нису обезбеђени. На слици 2 приказано је 10 бројила „А“ (са слике 1) на испитној станици „Б“ у КТ-у ЕМС АД, на којима су, помоћу засебних скенирајућих глава за оптичке импулсе, истовремено мерене њихове тачности за задате мерне тачке. Вршење провера регистара енергије сваког бројила обављено је помоћу оптичких комуникационих глава, очитавањем почетних и крајњих стања регистара енергије бројила.

4.1 Поређење методе провере регистра активне енергије у КТ-у ЕМС АД са захтевима „Правилника о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S“

Једначина (9) за грешку регистра која се примењује у КТ-у није у складу са првим пасусом Прилога 3 „Оверавање бројила“, тачком 7 „Провера регистра“ „Правилника о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S“ [16], где пише: „Провера регистра врши се тако што се у бројило доведе енергија да би се утврдила једнакост импулсног излаза и регистра енергије.“ Према једначини (9), пореде се у ствари вредности енергије очитане на екрану бројила и енергије измерене помоћу еталона.

У другом пасусу Правилника [16] наведена је иста једначина као једначина (1) из међународне препоруке OIML R 46-1/-2 [4], за коју је у одељку 2.1.3 показано да је приближна (видети једначину (6)), јер да би се добила једначина (1), други члан производа $b[\%] \cdot (1 + \varepsilon_{br})$ у имениоцу количника једначине (6) мора приближно да се изједначи са 1.



Слика 2: Испитна станица „Б“ у КТ-у ЕМС АД на којој се налази 10 бројила „А“ и где је вршено мерење тачности бројила помоћу скенирајућих глава за оптичке импулсе на 10 мерних места истовремено за неку од изабраних мерних тачака у склопу овере бројила (2022. године). Вршене су и провере регистара енергије сваког бројила помоћу оптичких комуникационих глава.

Контрадикторно првом пасусу, у трећем пасусу Правилника [16] пише: „Разлика између задате енергије и очитане енергије на регистру не може бити већа од једне десетине дозвољене грешке при номиналним вредностима.“ Разлика ове две енергије $\Delta\varepsilon_3$ једнака је збиру апсолутне грешке самог бројила $\Delta\varepsilon_{br}$ и апсолутне грешке услед ограничене резолуције регистра енергије бројила $\Delta\varepsilon_R$, као у једначини (10):

$$\Delta\varepsilon_3 = |E_r - E| = |(E_i + \Delta\varepsilon_{ms} + \Delta\varepsilon_{br} + \Delta\varepsilon_R) - (E_i + \Delta\varepsilon_{ms})| = |\Delta\varepsilon_{br} + \Delta\varepsilon_R| \quad (10)$$

где су: E_r – енергија која се очитава из регистра на екрану бројила и

E – енергија која се мери еталоном.

Применом услова провере регистра из трећег пасуса Правилника [16] добија се критеријум за најмању дозвољену енергију која треба да се пропусти кроз бројило на следећи начин:

$$\frac{|E_r - E|}{E} \leq \frac{b}{10} \Rightarrow \frac{|\Delta\varepsilon_{br} + \Delta\varepsilon_R|}{E} \leq \frac{b[\%]}{1000} \Rightarrow E_{min} = \frac{1000 \cdot |\Delta\varepsilon_{br} + \Delta\varepsilon_R|}{b[\%]} \quad (11)$$

где је $\Delta\varepsilon_R$ једнако очигледној резолуцији R бројила, уз претпоставку да нема заокруживања резултата. Једначина (11) се не слаже са једначином (1). Отуда и потиче противречност трећег пасуса са првим и другим пасусом тачке 7 у Прилогу 3 „Оверавање бројила“ из Правилника.

Пример 1: Када се примени једначина (1), која се наводи у другом пасусу Правилника [16] из наслова овог потпоглавља, на електрично бројило класе тачности 0,2S са резолуцијом на три децимална места (у kWh-има), уз претпоставку да нема заокруживања резултата, најмања енергија која треба да се пропусти кроз бројило је 5 kWh.

Када се прорачуна потребно време за проверу једног регистра поменутог бројила, секундарно подешеног, индиректно прикљученог, са назначеном струјом $I_n = 1$ А, назначеном највећом струјом $I_{max} = 2$ А, назначеним фазним напоном $U_n = 57,74$ V и без могућности пребацивања резолуције регистра на 4 децимална места у испитном режиму (као код бројила „А“ на сликама 1 и 2), добија се најмање време за проверу једног регистра активне електричне енергије од 14 h 26 min како је мерено од 1.1.2017. године до 10.9.2021. године у КТ-у ЕМС АД.

Пример 2: Међутим, провера регистра као у КТ-у ЕМС АД, где се грешка регистра енергије прорачунава према једначини (9), примењује се и према међународном стандарду SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13] при „овери регистра“, што је већ поменуто у одељку 2.2.2. Међутим, према овом стандарду, најмања потребна улазна енергија бројила прорачунава се као $110 \cdot R$ [14], где је R – очигледна резолуција регистра енергије, без претпоставке о заокруживању резултата. Тако је, на пример, за резолуцију регистра енергије на три децимална места довољно да се доведе енергија од 0,11 kWh. При томе, најмање време за проверу једног регистра активне електричне енергије је 19,05 минута.

Дакле, за исто бројило „А“ као на сликама 1 и 2, најмања потребна енергија која се доводи бројилу у овом примеру је 45,45 пута мања него у примеру 1 (при прорачуну према једначини (1) из „Правилника о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S“ [16]).

4.2 Поређење методе провере регистра у КТ-у ЕМС АД са захтевима „Правилника о бројилима реактивне електричне енергије класе тачности 2 и 3“

Што се тиче „Правилника о бројилима реактивне електричне енергије класе тачности 2 и 3“ [17] (из 2014. године), одређење за проверу регистра бројила је исто као у међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4], и у погледу методе провере регистра и у погледу најмање енергије која се доводи бројилу према једначини (1), без обзира на то што се међународна препорука OIML R 46-1/-2 [4] односи на бројила активне електричне енергије класе тачности А, В и С, према MID-у. У погледу методе провере регистра, одређење из Правилника [17] одговара провери мерне константе према стандардима: SRPS EN IEC 62053-23:2022 [11] и SRPS EN IEC 62052-11:2022 [12].

Пошто примењивана метода провере регистра у КТ-у ЕМС АД не одговара методи према препоруци OIML R 46-1/-2 [4], већ методи према стандарду SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13], за замишљена бројила истих особина и подешавања као за бројила „А“ на слици 1, али класе тачности 2 и 3, за времена провере једног регистра енергије добијају се респективно 1 сат и 26,6 минута и 57,73 минута, што је 4,55 пута и 3,03 пута дуже у односу на време од 19,05 минута добијено применом стандарда SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13,14].

4.3 Поређење методе провере регистра према захтевима ранијих прописа и према садашњем „Правилнику о оверавању бројила активне електричне енергије класе тачности А, В, С, 2, 1 и 0,5S“

Пре ступања на снагу „Правилника о оверавању бројила активне електричне енергије класе тачности А, В, С, 2, 1 и 0,5S“ [19] за бројила класе тачности А, В и С, до 31.12.2024. године примењивао се Правилник о мерилима [20], Прилог 5, у коме није била непосредно наведена провера регистра бројила. У КТ-у ЕМС АД примењивало се интерно „Упутство за оверавање бројила активне електричне енергије класе тачности В и С“ у коме су метода провере регистра и образац за најмању дозвољену енергију (1) били узети из препоруке OIML R 46-1/-2 [4]. Према томе, за замишљена бројила истих особина и подешавања као за бројила „А“ на слици 1, али класа тачности В и С, времена провере регистра енергије била су прописана респективно 2 сата и 53,2 минута и 5 сати и 46,41 минут, што је било 9,09 пута и 18,18 пута дуже од времена овере једног регистара енергије од 19,05 минута према стандарду SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13,14].

Пре ступања на снагу „Правилника о оверавању бројила активне електричне енергије класе тачности А, В, С, 2, 1 и 0,5S“ [19], за бројила класе тачности 2, 1 и 0,5S примењивало се „Метролошко упутство за оверавање електронских (статичких) вишефункцијских бројила електричне енергије“ [18]. У потпоглављу 3.3 овог рада детаљно је описана провера бројчаника из поглавља 3.4 Метролошког упутства [18]. У суштини, било је непосредно задато време испитивања које је 2,5 пута краће него према једначини (1) из препоруке OIML R 46-1/-2 [4], али је метода била посредно задата исказом о времену трајања провере регистра, а ради се о истој методи као у препоруци OIML R 46-1/-2 [4], само уз поређење са 2,5 пута већом грешком при највећој струји испитивања (узетој према тачки 3.2.5.3. овог Метролошког упутства [18]). Према томе, за замишљена бројила истих особина и подешавања као за бројила „А“ на слици 1, али класа тачности 1 и 0,5S, времена провере регистра енергије била су прописана респективно од 1 сата и 9,28 минута и 2 сата и 18,56 минута, што је било веће 3,64 и 7,27 пута од времена овере регистра од 19,05 минута према стандарду SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13,14].

Што се тиче „Правилника о оверавању бројила активне електричне енергије класе тачности А, В, С, 2, 1 и 0,5 S“ [19] (који је на снази од 1.1.2025. године), важи следеће:

- У Прилогу 2, у Табели 5, само се за бројила А, В и С одређује метода провере регистра, док се за остала бројила у Табели 5 одређује само време провере регистра. Одређење методе провере регистара електронских бројила класе тачности А, В и С одговара оној из стандарда IEC 62052-11:2022 [12], тј. релативна разлика енергије из регистра бројила и енергије са испитног излаза бројила не сме да буде већа од 1/10 НДГ, при чему се помиње неодређено „испитни излаз“ који може да буде оптички или електрични за даљинско мерење. У КТ-у ЕМС АД користи се неодговарајуће, претерано дуго време провере регистра, прорачунато преко најмање потребне доведене енергије из једначине (1) према препоруци OIML R 46-1/-2 [4], које посредно произилази из дефиниције методе провере мерне константе из стандарда IEC 62052-11:2022 [12] и које не одговара практично примењиваној методи провере регистра у КТ-у ЕМС АД, тако да релативна разлика енергије из регистра и енергије која се мери еталоном буде мања од НДГ бројила.

Због тога су, применом највеће струје, за замишљена бројила истих особина и подешавања као за бројило „А“ са слике 1, али класа тачности В и С, респективно, израчуната времена провере регистра 2 сата и 53,2 минута и 5 сати и 46,41 минут, што би било 9,09 и 18,18 пута веће од времена овере једног регистара од 19,05 минута према стандарду SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13,14].

- У Прилогу 2, у Табели 5, одређење за време трајања провера регистара електронских бројила класа тачности 1 и 2 је да се испитивање приказивача врши у временским интервалима који нису краћи од 20 секунди. Ово време нема никакве везе ни са једним међународним прописом за те класе бројила. За бројила класе 1, са резолуцијом на три децимална места у kWh-има, ово време је краће 57,16 пута од 19,05 минута, тј. времена за проверу регистра, према стандарду SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13]. Оно је краће 207,84 пута од времена провере регистра према старом „Метролошком упутству за оверавање електронских (статичких) вишефункцијских бројила електричне енергије“ [18], за замишљена бројила истих особина и подешавања као за бројило „А“ са слике 1, али класе тачности 1.

- У Прилогу 2, у Табели 5, одређење за време провере регистра електронског бројила класе тачности 0,5S је некомплетно, јер се не наводи са чим се пореди енергија са давача импулса за даљинско мерење. Али, ако се претпостави да се ова енергија пореди са енергијом из регистра бројила, пише да тај однос треба да буде најмање 2 %. То је 40 пута већи критеријум него при услову да тај однос не би требало да буде већи од 1/10 класе тачности бројила, што би износило 0,05 % према препоруци OIML-а R 46-1/-2 [4]. Ово значи и 40 пута мање време провере регистра у односу на препоруку OIML R 46-1/-2 [4]. То је 8,66 минута за замишљена бројила истих особина и подешавања као за бројило „А“ са слике 1, али класе тачности 0,5S. Ово је 16 пута краће време провере регистра него према старом Метролошком упутству [18] и нема везе ни са једним међународним прописом. Оно је краће 2,2 пута од времена провере регистра од 19,05 минута према стандарду SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13,14].

5 ЗАКЉУЧАК

У овом раду проучено је како се провера регистра бројила електричне енергије дефинише према међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4], међународним стандардима, чешком пропису, а како према домаћим прописима. Затим је наведено у којој мери је према наведеним прописима усаглашена провера регистра при овери бројила у КТ-у ЕМС АД. Дат је пример електричног бројила „А“ (са слике 1) секундарно подешеног, индиректно прикљученог, са назначеном струјом $I_n = 1A$, назначеном највећом струјом $I_{max} = 2A$, назначеним фазним напоном $U_n = 57,74 V$, са резолуцијом на три децимална места (у kWh-има) и без могућности пребацивања резолуције регистра на 4 децимална места у испитном режиму, при чему се закључује следеће:

1) Велика је разноврсност дефиниција (чак четири) у домаћим правилницима за методе и времена провере регистара бројила електричне енергије класа тачности 0,2S, 0,5S, 1, В и С за бројила активне енергије, као и 2 и 3 за бројила реактивне енергије, чак и противречних у „Правилнику о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S“ [16].

2) У Међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4] која је међународни пропис који је једини наведен за бројила активне електричне енергије у Списку нормативних докумената из области мерила [5], при провери регистра енергије, релативна разлика енергије из регистра и енергије са испитног излаза не сме да буде већа од 1/10 НДГ. Најмања енергија која се пропушта кроз бројило, а према којој се одређује време трајања испитивања према овој методи, може да се изведе из услова ове методе, а што је показано у једначинама (3) и (6). Иначе, ова енергија је дата приближном једначином (1) из препоруке OIML R 46-1/-2 [4], која зависи од подешене резолуције бројила и класе тачности бројила. Показано је да се услови провере регистра и провера мерних константи поклапају. У међународном стандарду IEC 62052-11:2022 [12] за сва поменута бројила постоји јединствена дефиниција методе за проверу мерне константе, која је иста као она из препоруке OIML R 46-1/-2 [4]. Домаћи правилници би требали да следе међународну препоруку OIML R 46-1/-2 [4], као и одговарајуће међународне стандарде; међутим, за електронска бројила активне електричне енергије класа тачности 0,2 S, 1, 2 и 0,5S није тако.

3) У КТ-у ЕМС АД примењује се провера регистра енергије која је задата у софтверу којим се управља испитном станицом, приказаном на слици 2. Грешка регистра одређује се као релативна разлика енергије која се добија разликом очитаног крајњег и почетног стања регистра енергије и енергије измерене еталоном, која не сме да буде већа од НДГ бројила (видети једначину (9)). На ову методу мерења односи се међународни стандард SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13]. Према том стандарду, најмања потребна доведена енергија прорачунава се као $110 \cdot R$, па је за секундарно подешено бројило „А“ (са слика 1 и 2) са резолуцијом регистра на три децимална места (у kWh-има) једнака 0,11 kWh и њен прорачун не зависи од класе тачности бројила [14], па би време провере регистра енергије износило 19,05 минута за било коју класу тачности бројила. Међутим, иако не одговара примењиваној методи провере регистра релативним поређењем енергије из регистра и измерене енергије еталоном да резултат не буде већи од НДГ бројила, у КТ-у ЕМС АД користи се једначина (1) која одговара другој методи релативног поређења енергије из регистра и енергије са испитног излаза (електричног или оптичког) да резултат не буде већи од 1/10 НДГ бројила, што нема смисла, јер је време провере регистра изведено према једначини (1) огромно, а не најмање дозвољено за случај провере регистра у КТ-у ЕМС АД.

Према једначини (1) за бројило класе 0,2S описано у првом пасусу Закључка, најмања доведена енергија бројилу је 5 kWh, тј. 45,45 пута је већа него према стандарду SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13]. Томе одговара трајање испитивања од 14 сати и 26 минута по 1 регистру активне електричне енергије. Овако се у КТ-у ЕМС АД мерило чак преко 4,5 године у прерасподели радног времена од 7 до 15 часова и од 18 до 22 часа, почев од дана ступања на снагу „Правилника о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2S“ [16] 1.1.2017. године. При томе не треба сметнути с ума да се обавезно бар једном годишње, у КТ-у ЕМС АД, између осталог, врше и провере примењених метода контролисања и извештаја о контролисању бројила електричне енергије од стране: 1) Акредитационог тела Србије у поступцима акредитације, обнављања акредитације, редовних надзорних оцењивања или поновних оцењивања и 2) Дирекције за мере и драгоцене метале (ДМДМ) у поступцима Метролошког надзора и овлашћивања тела за обављање послова оверавања мерила. После објављеног рада аутора на спорну тему на конференцији одржаној крајем јуна 2021. године [6], као и примедби наведених у том раду, у захтеву ЕМС АД-а број 900-00-OPP-1566/2021 од 20.7.2021. године упућеном ДМДМ-у наведена је једна од примедби из тог рада да се Закон о раду не поштује у погледу гарантованог дневног одмора запослених од 11 сати непрекидно током 24 часа.

После е-поште аутора ДМДМ-у, са нагласком и на смањено време провере регистра 2,5 пута према чешком пропису за бројила класе 0,2S и његовог објављеног рада на ту тему на конференцији одржаној почетком септембра 2021. године [7], упутством ДМДМ-а од 10.9.2021. године, број 393-4/0-05-2947/2, време изведено помоћу најмање доведене енергије из једначине (1) смањено је 2,5 пута за бројила „А“ класе 0,2S са слика 1 и 2, као у чешком пропису [15] наведеном у потпоглављу 2.3 овог рада. Ако је бројило „А“ активне електричне енергије предвиђено за две тарифе и два смера енергије, потребно је да се испитају чак четири регистра активне енергије при овери бројила, што тренутно може у КТ-у ЕМС АД да траје 23 сата и 6 минута, што опет знатно поскупљује цену овере (иако је пре 10.9.2021. укупно време провере тих регистара било чак 57 сати и 44 минута).

У овом раду се, у случају даље примене у КТ-у ЕМС АД, методе провере регистра тражењем релативне разлике протекле енергије из регистра и протекле енергије измерене еталоном, тако да она не буде већа од НДГ бројила, предлаже смањење времена провере регистра на 19,05 минута према стандарду SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13]. Пре свега, то се односи на бројила класа тачности 0,2S активне енергије и 2 реактивне енергије, која увелико преовладавају у власништву ЕМС АД-а, јер су према погрешно тумаченим важећим домаћим прописима [16] и [17] та времена тренутно сувише велика (18,18 пута и 4,55 пута су већа него према стандарду [13], респективно). Такође, то се односи и на бројила класа тачности 1 и 0,5S јер су према важећем домаћем пропису [19] та времена можда сувише мала (57,16 пута и 2,2 пута су мања него према стандарду [13], респективно). Према методи провере регистра примењиваној у КТ-у ЕМС АД, превелика су и времена испитивања бројила класа тачности В и С (9,09 и 18,18 пута су већа него према стандарду [13], респективно). За усвајање времена провере регистра од 19,05 минута, као при методи према стандарду SRPS EN IEC 62058-31:2011 [13], за бројила свих разматраних класа тачности, посебно за она која су секундарно подешена, са резолуцијом на три децимална места (у kWh-има), потребна је сагласност ДМДМ-а.

Друга могућност је прелазак у КТ-у ЕМС АД на оригиналну задату методу провере регистра према препоруци OIML R 46-1/-2 [4], поређењем енергије из регистра екрана бројила и енергије са оптичког испитног излаза, пошто испитне станице у КТ-у ЕМС АД имају потребан број скенирајућих глава за истовремено бројање оптичких импулса са оптичких излаза бројила. Тако се проверавају и тачности бројила за разне мерне тачке (као на слици 2). У софтверу за испитне станице такође постоји мерење константе мерила (енгл. „Constant test“) које се обавља са поменутом методом. Тек тада би имало смисла одређивање најмање задате енергије (и преко ње времена испитивања) при провери регистра у КТ-у ЕМС АД према једначини (1) која је директно задата у: 1) међународној препоруци OIML R 46-1/-2 [4], 2) „Правилнику о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S“ [16], за активна бројила класе 0,2S (уважавајући и упутство ДМДМ-а за бројила „А“ са слика 1 и 2) и 3) „Правилнику о бројилима реактивне електричне енергије класе тачности 2 и 3“ [17] за реактивна бројила класа 2 и 3, а која је посредно задата у „Правилнику о оверавању бројила активне електричне енергије класе тачности А, В, С, 2, 1 и 0,5S“ [19] за активна бројила класа А, В и С (видети једначине (1), (3) и (6)).

6 ЛИТЕРАТУРА

- [1] SRPS EN 50470-3:2022 Опрема за мерење електричне енергије – Део 3: Посебни захтеви – Статичка бројила активне енергије наизменичне струје (индекси класа А, В и С), Институт за стандардизацију Србије, 31. 10. 2022.
- [2] SRPS EN IEC 62053-21:2022 „Опрема за мерење електричне енергије – Посебни захтеви – Део 21: Статичка бројила активне енергије наизменичне струје (класа 0,5, 1 и 2), Институт за стандардизацију Србије, 31. 10. 2022.
- [3] SRPS EN IEC 62053-22:2022 „Опрема за мерење електричне енергије – Посебни захтеви – Део 22: Статичка бројила активне енергије наизменичне струје (класа 0,1S, 0,2S и 0,5S), Институт за стандардизацију Србије, 31. 10. 2022.
- [4] OIML R 46-1/-2: Active electrical energy meters. Part 1: Metrological and technical requirements Part 2: Metrological controls and performance tests, 2012.
- [5] Списак нормативних докумената из области мерила, „Службени гласник РС“, број 30/2022.
- [6] Ђ. Дуканац, „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.
- [7] Ђ. Дуканац, „Анализа времена провере регистара активне електричне енергије и грешке читавања електричних бројила при различитим начинима подешавања преносних односа мерних трансформатора у бројилима“, XIII саветовање о електро-дистрибутивним мрежама Србије, Врњачка Бања, Србија, од 30.8. до 3.9. 2021. године.
- [8] Ђ. Дуканац, „Optimalno podešavanje rezolucije registra električne energije pametnog brojila“, Energija, ekonomija, ekologija 24 (2), 75-85, 2022.
- [9] Ђ. Дуканац, „Analiza ispunjenosti uslova za mernu nesigurnost sistema za kontrolu pametnih brojila i smanjenje vremena provere registra“, Energija, ekonomija, ekologija 26 (2), 61–70, 2024.
- [10] Harrison, D., Harlow, J., "Introduction to Uncertainty in Physical Measurements", the University of Toronto, Kanada, 2015.
- [11] SRPS EN IEC 62053-23:2022 „Опрема за мерење електричне енергије – Посебни захтеви – Део 23: Статичка бројила реактивне енергије (класа 2 и 3)“, Институт за стандардизацију Србије, 31. 10. 2022.
- [12] 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.

- [13] SRPS EN 62058-31:2011 Опрема за мерење електричне енергије (наизменичне струје) — Контрола пријема — Део 31: Посебни захтеви за статичка бројила активне енергије (класа 0,2S, 0,5S, 1 и 2 и индекса класа А, В и С), Институт за стандардизацију Србије, 31.3.2011.
- [14] The Energy Meter Register Resolution, CLOU GLOBAL Technology Co LTD, <https://clouglobal.com/the-energy-register-resolution-for-electronic-meters/>.
- [15] Draft General Measure number: 0111-OOP-C02218 laying down the metrological and technical requirements for legally controlled measuring instruments, including test methods for the type approval and verification of the following legally controlled measuring instruments: 'electricity meters', Czech Metrology Institute, 2019.
- [16] Правилник о бројилима активне електричне енергије класе тачности 0,2 S, "Службени гласник РС", бр. 104/16.
- [17] Правилник о бројилима реактивне електричне енергије класе тачности 2 и 3, "Службени гласник РС", бр. 118/2013 и 86/2014.
- [18] Метролошко упутство за оверавање електронских (статичких) вишефункцијских бројила електричне енергије, „Гласник ЗМДМ“, бр. 1/07.
- [19] Правилник о оверавању бројила активне електричне енергије класе тачности А, В, С, 2, 1 и 0,5 S, “Службени гласник РС”, бр. 14/2024.
- [20] Правилник о мерилима, „Службени гласник РС“, бр. 3/2018.