

Mr.sc. Kruno Trupinić, dipl.ing.el.  
HEP – ODS d.o.o., Elektra Slavonski Brod  
[kruno.trupinic@hep.hr](mailto:kruno.trupinic@hep.hr)

Vinko Fabris, dipl.ing.el.  
HEP – ODS d.o.o., Zagreb  
[vinko.fabris@hep.hr](mailto:vinko.fabris@hep.hr)

## NOVI TEHNIČKI UVJETI NA OBRAČUNSKA MJERNA MJESTA U NADLEŽNOSTI HEP – ODS-a

### SAŽETAK

Novim Tehničkim uvjetima na obračunska mjerna mjesta (OMM) u nadležnosti HEP-ODS-a jednoznačno su određeni sastav i značajke mjerne i pomoćne opreme mjernog mjesta kako bi se osigurala ujednačena kakvoća mjerenja po svim kategorijama kupaca i proizvođača priključenih na distribucijsku mrežu. Ova je činjenica nužan preduvjet za razvidno i nepristrano određivanje odnosa između sudionika na tržištu električne energije.

Tehničkim uvjetima definirano je ukupno pet mjernih slogova kupaca i četiri mjerna sloga proizvođača koji se primjenjuju ovisno o naponskoj razini priključenja i priključnoj snazi kupca i proizvođača. Opisane su tehničke značajke mjerne i pomoćne opreme koja se koristi u ovim mjernim slogovima, kao i njihovo međusobno povezivanje u funkcionalnu cjelinu predloženo tropskim shemama i preglednim nacrtima mjernih ormara.

**Ključne riječi:** obračunsko mjesto, mjesto, mjesto i pomoćna oprema, mjerni slog, tropska shema, pregledni nacrt

## NEW TECHNICAL REQUIREMENTS ON METERING POINTS IN THE JURISDICTION OF HEP – DSO

### SUMMARY

New technical requirements on metering points in the jurisdiction of HEP-DSO uniquely determines the composition and characteristics of metering and auxiliary equipment of measurement point to ensure consistent quality measurements on all categories of consumers and producers connected to the distribution network. This fact is a necessary precondition for transparent and impartial determination of the relationship between participants in the electricity market.

Technical requirements defines a total of five consumers metering types, and four producers metering types which appliance depending on the voltage level of connection and terminal power of consumer and producers. It describes the technical characteristics of measuring and auxiliary equipment, as well as their integration into a functional unit presented by the three-polar schemes and designs of metering closets.

**Key words:** metering point, metering and auxiliary equipment, metering type, three-polar scheme, design of metering closet

## 1. UVOD

Tehničkim uvjetima su obračunska mjerna mjesta podijeljena na ukupno devet mjernih slogova i to pet mjernih slogova kupaca i četiri mjerna sloga proizvođača koji se primjenjuju ovisno o naponskoj razini priključenja i priključnoj snazi kupca i proizvođača. Za svaki mjerni slog definirana je pripadajuća mjerna i pomoćna oprema, čije su značajke u nastavku Tehničkih uvjeta detaljno opisane. Povezivanje mjerne i pomoćne opreme mjernog sloga u funkcionalnu cjelinu predloženo je trolnim shemama obračunskih mjernih mjesta i preglednim nacrtima mjernih ormara. Na kraju su propisani postupci nadzora i kontrole obračunskih mjernih mjesta, kako prije prvog puštanja u pogon, tako i tijekom redovnog pogona.

Poseban naglasak stavljen je na:

- izbor mjerne opreme sa ciljem što većeg smanjenja mjerne nesigurnosti u što većem dijelu mjernog opsega,
- korištenje naprednih mogućnosti elektroničkih brojila u smislu lokalne i daljinske komunikacije, nadzora ispravnosti mjerenja putem validacije daljinski očitanih mjernih podataka te ograničenja i nadzora zakupljene priključne snage.

## 2. MJERNI SLOGOVI

### 2.1. Mjerni slogovi obračunskih mjernih mjesta kupaca

Opremanje obračunskih mjernih mjesta kupaca se izvodi u skladu sa naponskom razinom i priključnom snagom iz EES, u sljedećih pet mogućih mjernih slogova.

- 1) neizravno mjerenje potrošnje kupaca na SN,
- 2) poluizravno mjerenje potrošnje kupaca na NN priključne snage iznad 50 kW,
- 3) izravno mjerenje potrošnje kupaca na NN priključne snage iznad 30, do uključivo 50 kW,
- 4) izravno trofazno mjerenje potrošnje kupaca na NN s ograničenjem snage,
- 5) izravno jednofazno mjerenje potrošnje kupaca na NN s ograničenjem snage.

Primjer mjernog sloga broj 1 za neizravno mjerenje potrošnje kupaca na SN dan je u Tablici I. Uz popis mjerne i pomoćne opreme dane su i potrebne količine, kao i veze prema poglavljima Tehničkih uvjeta u kojima su dane tehničke značajke i upute za izbor opreme.

Tablica I: Mjerni slog za neizravno mjerenje potrošnje kupaca na SN

| Mjerni slog broj 1 |                                                                                                    |                |                                          |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------|
| R.br.              | Oprema                                                                                             | Količina (kom) | Veza                                     |
| 1                  | Univerzalno intervalno kombi komunikacijsko brojilo                                                | 1              | Pogl. 3.2.1<br>Tablica 3.10,<br>R.broj.1 |
| 2                  | Komunikacijski modul u brojilu ili samostalan komunikacijski uređaj                                | 1              | Pogl. 3.2.5                              |
| 3                  | Strujni mjerni transformator                                                                       | 3              | Pogl. 3.2.2                              |
| 4                  | SN osigurač                                                                                        | 3              | Pogl. 3.2.3                              |
| 5                  | Naponski mjerni transformator                                                                      | 3              | Pogl. 3.2.3                              |
| 6                  | Priključno mjerna kutija s automatskim osiguračima naponskih grana                                 | 1              | Pogl. 3.2.9                              |
| 7                  | Automatski osigurači naponskih mjernih vodova u SN mjernom polju                                   | 3              | Pogl. 3.2.6                              |
| 8                  | Odvodnik prenapona za zaštitu brojila i komunikacijskog uređaja                                    | 3              | Pogl. 3.2.8                              |
| 9                  | Odvodnik prenapona za zaštitu komunikacijske linije (nije potreban u slučaju bežične komunikacije) | 1              | Pogl. 3.2.8                              |
| 10                 | Mjerni ormar za smještaj opreme pod rednim brojevima 1, 2, 6, 8 i 9                                | 1              | Pogl. 3.2.11                             |

### 2.2. Mjerni slogovi obračunskih mjernih mjesta proizvođača

Opremanje obračunskih mjernih mjesta proizvođača se izvodi u skladu sa naponskom razinom i priključnom snagom iz EES, u sljedeća četiri moguća mjerna sloga.

- 1) neizravno mjerenje proizvodnje / vlastite potrošnje proizvođača na SN,
- 2) poluizravno mjerenje proizvodnje / vlastite potrošnje proizvođača na NN,

- 3) izravno trofazno mjerenje proizvodnje / vlastite potrošnje proizvođača na NN,
- 4) izravno jednofazno mjerenje proizvodnje / vlastite potrošnje proizvođača na NN.

Primjer mjernog sloga broj 7 za poluizravno mjerenje na NN dan je u Tablici I. Uz popis mjerne i pomoćne opreme dane su i potrebne količine, kao i veze prema poglavljima Tehničkih uvjeta u kojima su dane tehničke značajke i upute za izbor opreme. Ukoliko je predviđen smještaj strujnih mjernih transformatora u NN razvodu TS SN/NN koristi se mjerni ormar (10a), u suprotnom su strujni mjerni transformatori smješteni u priključno mjernom ormaru (10b).

Tablica II: Mjerni slog za poluizravno mjerenje proizvodnje / vlastite potrošnje proizvođača na NN

| Mjerni slog broj 7 |                                                                                                    |                |                                          |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------|
| R.br.              | Oprema                                                                                             | Količina (kom) | Veza                                     |
| 1                  | Univerzalno intervalno kombi komunikacijsko brojilo                                                | 1              | Pogl. 3.2.1<br>Tablica 3.10,<br>R.broj.7 |
| 2                  | Komunikacijski modul u brojilu ili samostalan komunikacijski uređaj                                | 1              | Pogl. 3.2.5                              |
| 3                  | Strujni mjerni transformatori                                                                      | 3              | Pogl. 3.2.2                              |
| 4                  | Priključno mjerna kutija s automatskim osiguračima naponskih grana                                 | 1              | Pogl. 3.2.9                              |
| 5                  | Četveropolni prekidač                                                                              | 1              | Pogl. 3.2.6                              |
| 6                  | Četveropolna osigurač-rastavna sklopka s mogućnošću plombiranja                                    | 1              | Pogl. 3.2.6                              |
| 7                  | Osigurač za zaštitu odvodnika prenapona – po potrebi                                               | 3              | Pogl. 3.2.6                              |
| 8                  | Odvodnik prenapona za zaštitu brojila i komunikacijskog uređaja                                    | 3              | Pogl. 3.2.8                              |
| 9                  | Odvodnik prenapona za zaštitu komunikacijske linije (nije potreban u slučaju bežične komunikacije) | 1              | Pogl. 3.2.8                              |
| 10a                | Mjerni ormar za smještaj opreme pod rednim brojevima 1, 2, 4, 7, 8 i 9                             | 1              | Pogl. 3.2.11                             |
| 10b                | Priključno mjerni ormar za smještaj opreme pod rednim brojevima 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 9         | 1              | Pogl. 3.2.11                             |

Ukoliko se planira razdvojeno obračunsko mjerenje proizvedene električne energije i obračunsko mjerenje vlastite potrošnje električne energije kombiniraju se dva mjerna sloga:

- 1) razdvojeno neizravno obračunsko mjerenje proizvedene električne energije i neizravno obračunsko mjerenje vlastite potrošnje električne energije – Mjerni slog 6 i Mjerni slog 1,
- 2) razdvojeno neizravno obračunsko mjerenje proizvedene električne energije i poluizravno obračunsko mjerenje vlastite potrošnje električne energije – Mjerni slog 6 i Mjerni slog 2,
- 3) razdvojeno poluizravno obračunsko mjerenje proizvedene električne energije i izravno obračunsko mjerenje vlastite potrošnje električne energije – Mjerni slog 7 i Mjerni slog 3 ili 4 (ovisno o priključnoj snazi vlastite potrošnje).

### 3. TEHNIČKE ZNAČAJKE MJERNE I POMOĆNE OPREME

**Mjerna oprema** podrazumijeva sljedeće:

- 1) Brojila
- 2) Mjerni transformatori
- 3) Uređaji za ograničenje snage
- 4) Uređaji za upravljanje tarifama

**Pomoćna oprema** podrazumijeva sljedeće:

- 5) Priključno-mjerne stezaljke i vodovi za primarno i sekundarno ožičenje mjernog mjesta
- 6) Zaštitni uređaji za zaštitu opreme mjernog mjesta od prevelike struje i previsokog napona
- 7) Mjerni ormari za smještaj mjerne i pomoćne opreme
- 8) Uređaji i ožičenje za lokalnu i daljinsku komunikaciju s brojilima

Tehničkim uvjetima definirano je ukupno devet tipova **brojila**, čije su osnovne karakteristike prikazane u Tablici III. Pravilnikom o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na mjerila (NN br. 02/2007) definirani su razredi točnosti

- B za mjerenje radne energije kod brojila Tip 5 i 6,
- C za mjerenje radne energije kod brojila Tip 3 i 4

Tablica III. Izvod iz tehničkih zahtjeva na brojila

| Tip brojila | Naziv brojila                                       | Mjerni slog     | Nazivni napon (V) | Nazivna struja (A)        | Razred točnosti      | Mjerenje smjera energije                    | Mjerenje vršne snage | Pohranjivanje krivulje opterećenja |
|-------------|-----------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 1           | Univerzalno intervalno kombi komunikacijsko brojilo | 1 i 2           | 3x58 i 3x230/400  | 5(6), 5(10), 1(1.2), 1(2) | 0.5S radna 1 jalova  | Dvosmjerno (4 kvadranta)                    | DA                   | DA                                 |
| 2           | Intervalno kombi komunikacijsko brojilo             | 3               | 3x230/400         | 5-100(120)                | 1 radna 2 jalova     | RE jednosmjerno JE dvosmjerno (2 kvadranta) | DA                   | DA                                 |
| 3           | Kombi komunikacijsko brojilo                        | 4 poduzetništvo | 3x230/400         | 5-60                      | 1 radna (C) 2 jalova | RE jednosmjerno JE dvosmjerno (2 kvadranta) | DA                   | NE                                 |
| 4           | Kombi komunikacijsko brojilo                        | 5 poduzetništvo | 230               | 5-60                      | 1 radna (C) 2 jalova | RE jednosmjerno JE dvosmjerno (2 kvadranta) | DA                   | NE                                 |
| 5           | Komunikacijsko brojilo                              | 4 kućanstvo     | 3x230/400         | 5-60                      | 2 radna (B)          | RE jednosmjerno                             | DA                   | NE                                 |
| 6           | Komunikacijsko brojilo                              | 5 kućanstvo     | 230               | 5-60                      | 2 radna (B)          | RE jednosmjerno                             | DA                   | NE                                 |
| 7           | Univerzalno intervalno kombi komunikacijsko brojilo | 6 i 7           | 3x58 i 3x230/400  | 5(6), 5(10), 1(1.2), 1(2) | 0.5S radna 1 jalova  | Dvosmjerno (4 kvadranta)                    | DA                   | DA                                 |
| 8           | Intervalno kombi komunikacijsko brojilo             | 8               | 3x230/400         | 5-60                      | 1 radna 2 jalova     | Dvosmjerno (4 kvadranta)                    | DA                   | DA                                 |
| 9           | Intervalno kombi komunikacijsko brojilo             | 9               | 230               | 5-60                      | 1 radna 2 jalova     | Dvosmjerno (4 kvadranta)                    | DA                   | DA                                 |

Tehničke značajke **strujnih mjernih transformatora** prikazane su u Tablici IV. Tehničkim uvjetima propisana je obavezna primjena mjernih transformatora razreda točnosti 0,5S (0,2S) zbog smanjenja greške mjerenja pri manjim primarnim opterećenjima. Ovaj razred točnosti naime ima definiranu strujnu i kutnu pogrešku već od 1% nazivnog primarnog opterećenja.

Ovisno o najvećoj očekivanoj struji prema priključnoj snazi iz EES potrebno je odabrati prošireni mjerni opseg (120%, 150% i 200%). Uobičajeno se koriste strujni mjerni transformatori s proširenim mjernim opsegom ext.(%) 120. Ako karakter potrošnje ili proizvodnje to opravdava treba koristiti strujne mjerne transformatore s ext.(%) 150 ili 200. Treba voditi računa da maksimalna struja brojila odgovara proširenom mjernom opsegu strujnog mjernog transformatora. U Tablici V prikazan je primjer određivanja nazivne primarne struje strujnog mjernog transformatora nazivnog napona 10 kV ovisno o priključnoj snazi iz EES i proširenom mjernom opsegu, uz pretpostavljeni faktor snage 0,95.

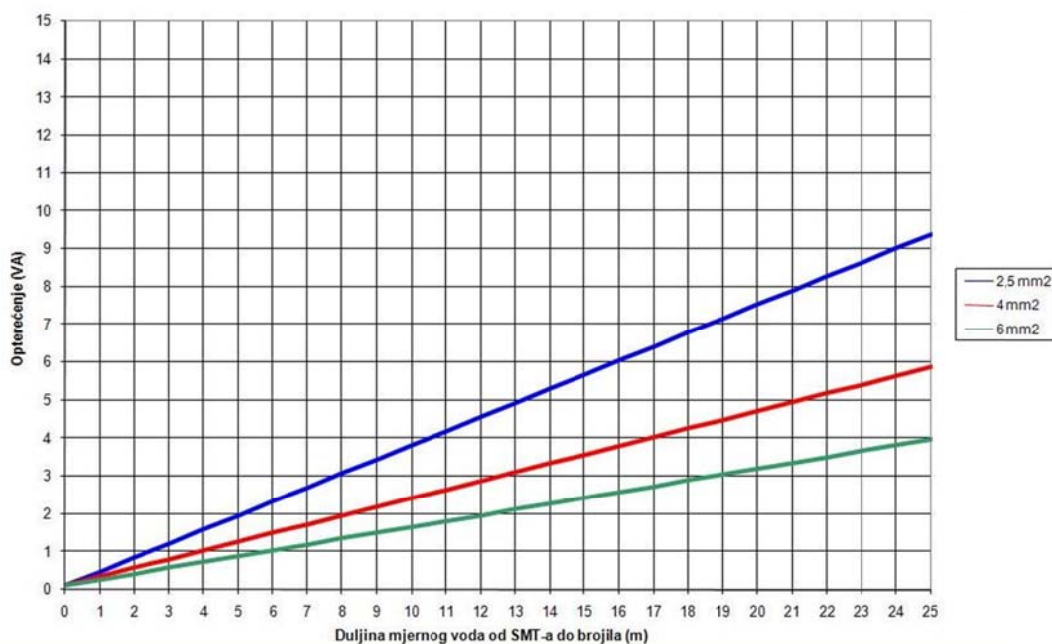
Tablica IV. Tehnički zahtjevi na strujne mjerne transformatore

| Značajke                             | Oznaka          | Iznos                   |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Nazivni napon                        | Un (kV)         | 35; 20; 10; 0,69        |
| Maksimalni napon                     | Um (kV)         | 38; 24; 12; 0,72        |
| Nazivna primarna struja              | Ipr (A)         | Pravilnik o MT          |
| Nazivna sekundarna struja            | Isn (A)         | 5; 1                    |
| Razred točnosti                      | kl. (r.t)       | 0.5S; 0.2S(>25 GWh/god) |
| Prošireni mjerni opseg               | ext.(%)         | 120; 150; 200           |
| Nazivna trajna termička struja       | Icth (A)        | 1,2xIn (1.5 ; 2 )       |
| Nazivna kratkotrajna termička struja | Ith/In × In (A) | Izračun po Ith i In     |
| Faktor sigurnosti                    | Fs              | 5                       |
| Nazivna snaga                        | Sn (VA)         | maksimalno 15           |

Tablica V. Pomoćna tablica za izbor nazivne primarne struje SMT-a nazivnog napona 10 kV

|                                             |                      |     |     |     |       | ext.  | ext.  | ext.  |
|---------------------------------------------|----------------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| Primarno opterećenje<br>(% I <sub>n</sub> ) | 1                    | 5   | 10  | 20  | 100   | 120   | 150   | 200   |
| I <sub>n</sub> primarna (A)                 | Prikjučna snaga (kW) |     |     |     |       |       |       |       |
| 10                                          | 2                    | 8   | 16  | 33  | 165   | 197   | 247   | 329   |
| 12,5                                        | 2                    | 10  | 21  | 41  | 206   | 247   | 309   | 411   |
| 15                                          | 2                    | 12  | 25  | 49  | 247   | 296   | 370   | 494   |
| 20                                          | 3                    | 16  | 33  | 66  | 329   | 395   | 494   | 658   |
| 25                                          | 4                    | 21  | 41  | 82  | 411   | 494   | 617   | 823   |
| 30                                          | 5                    | 25  | 49  | 99  | 494   | 592   | 740   | 987   |
| 40                                          | 7                    | 33  | 66  | 132 | 658   | 790   | 987   | 1.316 |
| 50                                          | 8                    | 41  | 82  | 165 | 823   | 987   | 1.234 | 1.645 |
| 60                                          | 10                   | 49  | 99  | 197 | 987   | 1.185 | 1.481 | 1.975 |
| 75                                          | 12                   | 62  | 123 | 247 | 1.234 | 1.481 | 1.851 | 2.468 |
| 80                                          | 13                   | 66  | 132 | 263 | 1.316 | 1.580 | 1.975 | 2.633 |
| 100                                         | 16                   | 82  | 165 | 329 | 1.645 | 1.975 | 2.468 | 3.291 |
| 125                                         | 21                   | 103 | 206 | 411 | 2.057 | 2.468 | 3.085 | 4.114 |
| 150                                         | 25                   | 123 | 247 | 494 | 2.468 | 2.962 | 3.702 | 4.936 |
| 200                                         | 33                   | 165 | 329 | 658 | 3.291 | 3.949 | 4.936 | 6.582 |
| 250                                         | 41                   | 206 | 411 | 823 | 4.114 | 4.936 | 6.170 | 8.227 |
| 300                                         | 49                   | 247 | 494 | 987 | 4.936 | 5.924 | 7.405 | 9.873 |

Nazivnu snagu strujnog mjernog transformatora treba odabrati, ovisno o duljini i presjeku sekundarnih strujnih mjernih vodova i potrošku brojila, tako da kod nazivne struje ukupni priključeni teret bude između 25% i 100% nazivne snage. Treba odabrati presjek sekundarnih strujnih mjernih vodova tako da ukupan teret, ako to nije nužno, ne prelazi 15 VA. Izbor nazivne snage ili presjeka sekundarnih strujnih mjernih vodova provodi se prema pomoćnim dijagramima čiji je primjer za strujne mjerne transformatore nazivne sekundarne struje 5 A prikazan na slici 1. Ovisno o duljini sekundarnih strujnih mjernih vodova dimenzionira se nazivna snaga strujnog mjernog transformatora i/ili presjek sekundarnih strujnih mjernih vodova. Presjek vodiča mjernog voda može biti 2,5 ili 4 ili 6 mm<sup>2</sup>.



Slika 1. Opterećenje sekundarnog namota strujnog mjernog transformatora nazivne struje 5 A

Kod neizravnog obračunskog mjerenja koriste se jednopolno izolirani **naponski mjerni transformatori** za nazivne napone mreže 35 (30), 20 i 10 kV. Za nazivne napone 10 i 20 kV moguće je koristiti naponske mjerne transformatore s prespojivim sekundarnim namotima. Tehničke značajke naponskih mjernih transformatora prikazane su u Tablici VI.

Tablica VI. Tehnički zahtjevi na naponske mjerne transformatore

| Značajke                       | Oznaka        | Iznos                     |
|--------------------------------|---------------|---------------------------|
| Nazivna frekvencija            | $f_n$ (Hz)    | 50                        |
| Maksimalni primarni napon      | $U_m$ (kV)    | 38; 24; 12                |
| Nazivni primarni napon         | $U_{pn}$ (kV) | (35; 20; 10(20); 10)/1,73 |
| Nazivni faktor napon/trajanje  | $V_f$         | 1.9 / 8h                  |
| Nazivni sekundarni napon       | $U_{sn}$ (V)  | 100/1,73                  |
| Razred točnosti mjernog namota | kl. (r.t.)    | 0.5; 0.2 (> 25 GWh/god)   |
| Granična termička snaga        | (VA)          | 200                       |
| Nazivna snaga                  | (VA)          | maksimalno 15             |

**Ograničenje snage** kupcima do 30 kW priključne snage moguće je provoditi na dva načina.

- Ograničavalima strujnog opterećenja ugrađenim u razdjelnicu kupca.
- Isklonim uređajem ugrađenim u brojilo ili na stezaljke brojila i aktiviranim iz brojila preko modula za mjerenje 15 minutne vršne snage. Za potrebe ponovnog uključanja nakon rasterećenja, u razdjelnicu kupca se ugrađuje tipkalo za deblokadu koje se sa brojlom spaja posebnim višeparičnim signalnim kabelom položenim u trasu glavnog voda. Ova konfiguracija može se koristiti i za daljinsko isključenje kupca ukoliko je brojilo uvedeno u AMI sustav. Signalni kabel će se u budućnosti moći koristiti i za upravljanje trošilima kod kupca preko brojila u AMI sustavu.

**Mjerni ormari** prema namjeni se dijele na:

- a) priključno-mjerni ormari PMO koji osim mjerne opreme sadrže i primarnu priključnu opremu,
- b) mjerni ormari MO

Mjerni ormari prema izvedbi se dijele na:

- 1) ugradni (u zid),
- 2) nadgradni (na zid),
- 3) slobodnostojeći (u zemlju),
- 4) samostojeći montažni (na pod u objektu).

U Tehničkim uvjetima katalogizirane su sve moguće vrste mjernih ormara preko gornjih oznaka za namjenu i izvedbu, kao na primjer:

- A1 ugradni PMO u vanjski zid objekta, ogradni zid i slično, za npr. individualne stambene objekte,
- A3 slobodnostojeći PMO na granici javne i privatne površine, za npr. individualne poslovne objekte,
- B2 nadgradni MO na vanjskom ili unutarnjem zidu razdjelne TS SN/NN, za npr. neizravna i poluizravna OMM.

#### 4. TROPOLNE SCHEME I PREGLEDNI NACRTI

**Tropolne sheme** svih devet mjernih slogova predložene su u posebnom poglavlju Tehničkih uvjeta. Obrađene su sljedeće inačice, ovisno o primijenjenoj mjernoj opremi i načinu mjerenja vlastite potrošnje proizvođača.

- Tropolne sheme OMM-a kupaca priključne snage do 30 kW prikazane su u inačicama sa ili bez MTU-a u posebnom kućištu, te sa ograničenjem snage preko OSO-a ili isklonog uređaja u brojilu.
- Tropolne sheme OMM-a proizvođača prikazane su u inačicama sa zajedničkim ili razdvojenim mjerenjem proizvodnje i vlastite potrošnje.

**Pregledni nacrti** mjernih ormara predloženi su u posebnom poglavlju Tehničkih uvjeta. Obrađene su sve kombinacije namjena (A i B) i izvedbi mjernih ormara (1 do 4).

#### 5. MJERNA NESIGURNOST

Vrlo važan dio Tehničkih uvjeta je poglavlje o procjeni mjerne nesigurnosti mjerenja radne i jalove energije u mjernim slogovima, ovisno o razredima točnosti primijenjene mjerne opreme.

Zbog iskazivanja cjelovitog mjernog rezultata (1), za svako mjerno mjesto potrebno je procijeniti maksimalnu standardnu mjernu nesigurnost mjerenja djelatne i jalove energije, u skladu s "Vodičem za iskazivanje mjerne nesigurnosti". Za sve je komponente OMM-a potrebno navesti procjenu nesigurnosti vrste B, budući je dobivena iz podataka pribavljenih iz umjernica ili tehničkih značajki mjerne opreme.

Cjelovit mjerni rezultat jeste raspon vrijednosti određen izmjerenom vrijednošću (brojčanom vrijednošću najbolje procjene mjerene veličine,  $\{M\}$ ), standardnom mjernom nesigurnošću  $\{u\}$ , i mjernom jedinicom  $[M]$ :

$$M = \{M \pm u\} [M] \quad (1)$$

Za cjelovito iskazivanje mjernog rezultata se osim standardne mjerne nesigurnosti  $u$ , koja se iskazuje standardnim odstupanjem, ponekad koristi i proširena mjerna nesigurnost  $U$ , koja se iskazuje višekratnikom standardne mjerne nesigurnosti ( $U = k \times u$ ), gdje je faktor proširenja ( $k$ ) obično 2 ili 3. Proširenjem mjerne nesigurnosti povećava se pouzdanost da se prava vrijednost mjerne veličine nalazi unutar intervala vrijednosti određenog proširenom nesigurnošću (približno 95 % za  $k = 2$ , odnosno približno 99 % za  $k = 3$ ).

U Tehničkim uvjetima provedena je procjena mjerne nesigurnosti svih izvedbi OMM-a (neizravno, poluizravno i izravno). Granične pogreške pojedinih komponenti kao i utjecajnih veličina na pojedine komponente preuzete su iz sljedećih dokumenata:

- 1) Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za mjerne transformatore u mjernim grupama za mjerenje električne energije
- 2) Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za statička brojila djelatne električne energije razreda točnosti 0,2S i 0,5S
- 3) Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za statička brojila djelatne električne energije razreda točnosti 1 i 2
- 4) Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za statička brojila jalove električne energije razreda točnosti 2 i 3

Gornji Pravilnici su ukinuti Pravilnikom o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na mjerila (NN br. 02/2007), ali se koriste do donošenja novih Pravilnika.

Mjerne nesigurnosti su izračunate za karakteristične točke strujnog opterećenja brojila i strujnih mjernih transformatora, kako bi se vidjela tendencija promjene mjerne nesigurnosti ovisno o opterećenju. Zbog činjenice da utjecajne veličine na pogreške brojila nisu definirane za cijeli mjerni opseg brojila, tako ni ukupna mjerna nesigurnost ne može biti definirana u cijelom mjernom opsegu. Kako je mjerna nesigurnost zbog kutnih pogrešaka strujnih i naponskih mjernih transformatora ovisna o faktoru snage, obrađena je i ukupna mjerna nesigurnost OMM-a za nekoliko karakterističnih faktora snage.

Izračun mjerne nesigurnosti ovisi o broju komponenata koje su uključene u proces obračunskog mjerenja električne energije.

Mjerna nesigurnost neizravnog obračunskog mjernog mjesta se sastoji od četiri komponente:

- 1) Mjerna nesigurnost brojila,
- 2) Mjerna nesigurnost strujnog mjernog transformatora zbog strujne pogreške,
- 3) Mjerna nesigurnost naponskog mjernog transformatora zbog naponske pogreške,
- 4) Mjerna nesigurnost strujnog i naponskog mjernog transformatora zbog njihovih kutnih pogrešaka.

Mjerna nesigurnost poluizravnog obračunskog mjernog mjesta se sastoji od tri komponente:

- 1) Mjerna nesigurnost brojila,
- 2) Mjerna nesigurnost strujnog mjernog transformatora zbog strujne pogreške,
- 3) Mjerna nesigurnost strujnog mjernog transformatora zbog njegove kutne pogreške.

Mjerna nesigurnost izravnog obračunskog mjernog mjesta se sastoji od jedne komponente:

- 1) Mjerna nesigurnost brojila.,

Pri procjeni mjerne nesigurnosti korišteni su sljedeći izrazi:

$$G_{Ti} = \sqrt{\sum_{j=1}^m G_j^2} \quad (2)$$

$$u_i = \frac{G_{Ti}}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

$$u = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2} \quad (4)$$

gdje su:

- |          |                                                                  |
|----------|------------------------------------------------------------------|
| $G_j$    | - granična pogreška uslijed pojedine utjecajne veličine (%),     |
| $G_{Ti}$ | - ukupna granična pogreška uslijed svih utjecajnih veličina (%), |
| $u_i$    | - mjerna nesigurnost pojedine komponente (%),                    |
| $u$      | - ukupna mjerna nesigurnost (%),                                 |
| $m$      | - broj utjecajnih veličina,                                      |
| $n$      | - broj pojedinih komponenata.                                    |

Obrađen je utjecaj sljedećih utjecajnih veličina na povećanje pogreške brojila: napon, frekvencija, valni oblik i temperatura. Rezultati provedene procjene očekivane maksimalne standardne mjerne nesigurnosti prema vrstama OMM-a (za  $k=1$ ) su prikazani u Tablici VII.

Tablica VII. Maksimalna mjerna nesigurnost prema vrstama OMM-a ( $k=1$ ) [%]

|                                                                                                        |                        | In (%)        | 5    | 10   | 20   | 100 | ext.<br>120 - 200 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|------|------|------|-----|-------------------|
|                                                                                                        |                        | cos $\varphi$ |      |      |      |     |                   |
| <b>Neizravno OMM</b><br>SMT: r.t. 0,2 S<br>NMT: r.t. 0,2<br>Brojilo: A r.t. 0,2 S<br>Brojilo: R r.t. 2 | <b>Radna energija</b>  | 1             | 0,28 | 0,26 | 0,23 |     |                   |
|                                                                                                        |                        | 0,95          |      | 0,40 | 0,36 |     |                   |
|                                                                                                        |                        | 0,9           |      | 0,46 | 0,41 |     |                   |
|                                                                                                        |                        | 0,8           |      | 0,60 | 0,53 |     |                   |
|                                                                                                        | <b>Jalova energija</b> | 0,867         |      | 2,67 | 2,59 |     |                   |
|                                                                                                        |                        | 0,8           |      | 2,56 | 2,51 |     |                   |

|                                                                                                        |                        |       |      |      |      |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|------|------|------|--|--|
| <b>Neizravno OMM</b><br>SMT: r.t. 0,5 S<br>NMT: r.t. 0,5<br>Brojilo: A r.t. 0,5 S<br>Brojilo: R r.t. 2 | <b>Radna energija</b>  | 1     | 0,64 | 0,61 | 0,56 |  |  |
|                                                                                                        |                        | 0,95  |      | 0,91 | 0,82 |  |  |
|                                                                                                        |                        | 0,9   |      | 1,10 | 0,97 |  |  |
|                                                                                                        |                        | 0,8   |      | 1,49 | 1,28 |  |  |
|                                                                                                        | <b>Jalova energija</b> | 0,867 |      | 3,89 | 3,50 |  |  |
|                                                                                                        |                        | 0,8   |      | 3,36 | 3,10 |  |  |

|                                                                                         |                        |       |      |      |      |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|------|------|------|--|--|
| <b>Poluizravno OMM</b><br>SMT: r.t. 0,5 S<br>Brojilo: A r.t. 0,5 S<br>Brojilo: R r.t. 2 | <b>Radna energija</b>  | 1     | 0,58 | 0,54 | 0,48 |  |  |
|                                                                                         |                        | 0,95  |      | 0,75 | 0,66 |  |  |
|                                                                                         |                        | 0,9   |      | 0,86 | 0,73 |  |  |
|                                                                                         |                        | 0,8   |      | 1,09 | 0,89 |  |  |
|                                                                                         | <b>Jalova energija</b> | 0,867 |      | 3,15 | 2,84 |  |  |
|                                                                                         |                        | 0,8   |      | 2,87 | 2,67 |  |  |

|                   |                 | I     | 5% lo | 10% lo | 20% lo | I <sub>max</sub> |
|-------------------|-----------------|-------|-------|--------|--------|------------------|
| Izravno OMM       |                 | cos φ |       |        |        |                  |
| Brojilo: A r.t. 1 | Radna energija  | 1     |       | 0,94   |        |                  |
|                   |                 | ≠ 1   |       |        | 1,10   |                  |
| Brojilo: A r.t. 2 | Radna energija  | 1     |       | 1,60   |        |                  |
|                   |                 | ≠ 1   |       |        | 1,87   |                  |
| Brojilo: R r.t. 2 | Jalova energija | 0     |       | 2,02   |        |                  |
|                   |                 | ≠ 0   |       |        | 2,38   |                  |

Sljedeći zaključci mogu se izvesti iz prikazanih rezultata provedene procjene mjerne nesigurnosti obračunskog mjernog mjesta.

- Sivo označena područja su područja sa nedefiniranom mjernom nesigurnošću mjernog mjesta zbog nedefiniranih pogrešaka brojila uslijed zbog utjecajnih veličina (napon, frekvencija, valni oblik i temperatura).
- Mjerna nesigurnost se povećava sa smanjenjem primarnog opterećenja mjerne opreme, stoga treba obratiti pozornost na kvalitetno dimenzioniranje iste, prvenstveno strujnih mjernih transformatora.
- Mjerna nesigurnost se povećava sa smanjenjem faktora snage.
- Mjerna nesigurnost poluizravnog OMM-a je manja od mjerne nesigurnosti neizravnog OMM-a istog primijenjenog razreda točnosti mjerne opreme zbog eliminiranja utjecaja naponske i kutne pogreške naponskih mjernih transformatora.
- Očekivano je mjerna nesigurnost neizravnog mjernog mjesta sa primijenjenom mjernom opremom razreda točnosti 0,2(S) značajno manja od opreme sa 0,5(S), stoga je treba koristiti kod većih kupaca i proizvođača.

## **6. ZAKLJUČAK**

U referatu su ukratko opisani najznačajniji dijelovi Tehničkih uvjeta na obračunska mjerna mjesta u nadležnosti HEP-ODS-a. Pojednostavljeno rečeno, osnovna svrha novih Tehničkih uvjeta je uz obavezu operatora za ujednačenjem kakvoće mjerenja po svim kategorijama kupaca i proizvođača priključenih na distribucijsku mrežu i u sljedećem:

- korištenje naprednih tehnoloških dostignuća, prvenstveno u razvoju „pametnih“ brojila i korištenje njihovih mogućnosti u lokalnoj i daljinskoj komunikaciji, nadzoru korištenja priključne snage i samom nadzoru ispravnosti mjerenja putem validacije mjernih podataka,
- pružanje tehničke pomoći djelatnicima operatora u postupku izdavanja EES-a i priključenja novih kupaca i proizvođača, odnosno rekonstrukcije postojećih mjernih mjesta.

## **LITERATURA**

- [1] HEP-ODS d.o.o. " Tehnički uvjeti na obračunska mjerna mjesta u nadležnosti HEP-ODS-a", 2011.