Postupak umjeravanja brojila električne energije klase točnosti 2 i 3

Bajić, Stevica

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:358568

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Stručni studij

POSTUPAK UMJERAVANJA BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE KLASE TOČNOSTI 2 I 3

Završni rad

Stevica Bajić

Osijek, 2016.

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju

Osijek, 30.07.2016.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju

Ime i prezime studenta:	Stevica Bajić
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A4280, 02.12.2014.
OIB studenta:	20383894207
Mentor:	Izv.prof.dr.sc. Kruno Miličević
Sumentor:	Ivan Tolić
Predsjednik Povjerenstva:	Izv.prof.dr.sc. Denis Pelin
Član Povjerenstva:	Ivan Biondić
Naslov završnog rada:	Postupak umjeravanja brojila električne energije klase točnosti 2 i 3
Znanstvena grana rada:	**Elektrostrojarstvo (zn. polje elektrotehnika)**
Zadatak završnog rada	Opisati postupak umjeravanja brojila električne energije klase točnosti 2 i 3, počevši od ulaska brojila u laboratorij sve do izdavanja konačne potvrde o sukladnosti ispitivanog brojila s važećim zakonskim odredbama. Opisani postupak u cijelosti provesti na jednom elektroničkom brojilu električne energije. Dati kritički osvrt na eventualne nedostatke i mogućnosti poboljšanja opisanog postupka s posebnim naglaskom na način iskazivanja mjerne pogreške i ukupne mjerne nesigurnosti ispitivanog brojila.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 Jasnoća pismenog izražavanja: 3 Razina samostalnosti: 3
Datum prijedloga ocjene mentora:	30.07.2016.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 15.09.2016.

Ime i prezime studenta:	Stevica Bajić
Studij:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A4280, 02.12.2014.
Ephorus podudaranje [%]:	2

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Postupak umjeravanja brojila električne energije klase točnosti 2 i 3**

izrađen pod vodstvom mentora Izv.prof.dr.sc. Kruno Miličević

i sumentora Ivan Tolić

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ

1. UVOD.....1

2. ISKAZIVANJE MJERNOG REZULTATA I POGREŠAKA MJERENJA.....2

2.1. Pogreške mjerenja.....2

2.2. Iskazivanje mjernog rezultata.....10

3. PRINCIP RADA BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE I OPIS POSTUPKA UMJERAVANJA.....12

3.1. Brojila električne energije.....12

3.1.1. Indukcijska brojila.....13

3.1.2. Uklopni satovi.....21

3.1.3. Elektronička brojila.....23

3.2. Umjeravanje brojila električne energije.....27

3.2.1. Općenito o umjeravanju električnih brojila.....29

3.2.2. Opis opreme i postupka umjeravanja indukcijskih brojila.....30

3.2.3. Opis opreme i postupka umjeravanja elektroničkih brojila.....35

3.3. Zakonska regulativa vezana za umjeravanje brojila električne energije.....47

3.3.1. Osnovni zahtjevi za laboratorij i opremu.....48

3.3.2. Postupak inspekcijskog pregleda prilikom ovjere brojila.....48

4. PRAKTIČNI PRIMJER OVJERE GRUPE BROJILA.....52

ZAKLJUČAK.....54

LITERATURA.....56

SAŽETAK.....57

SUMMARY.....57

ŽIVOTOPIS.....58

PRILOZI.....59

Prilog 1. Rezultati ovjere grupe brojila.....60

Prilog 2. Više o C.A.T.S. softveru za umjeravanje brojila.....66

Prilog 3 Daljinsko očitanje i upravljanje (AMR/AMM).....72

1.UVOD

Električna brojila su najrasprostranjeniji električni mjerni instrumenti koja su već više od stoljeća prisutna u industriji i kućanstvima. Njihova upotreba je važna iz tehničkih i financijskih razloga gospodarenja električnom energijom, jer se na osnovu registriranja brojila vrši mjerenje količine isporučene i naplata potrošene električne energije. Zbog oba razloga, važno je da brojila budu pouzdana i točna. Da bi se to ostvarilo, brojila se nakon proizvodnje i u kasnijoj upotrebi u propisanom vremenskom periodu podvrgavaju pregledu i umjeravanju u servisima ovlaštenim od strane Državnog zavoda za mjeriteljstvo (DZM), koji nakon pripreme mjerila za ovjeravanje kontrolira umjerena brojila i daje konačnu potvrdu da brojila zadovoljavaju tehničke i mjeriteljske zahtjeve.

Zadatak završnog rada je opisati postupak umjeravanja (baždarenja) brojila električne energije razreda točnosti 2 i 3, počevši od ulaska brojila u laboratorij, sve do izdavanja konačne potvrde o sukladnosti ispitivanog brojila s važećim zakonskim odredbama. Opisani postupak provesti na elektroničkim brojilima el. energije.

U drugom poglavlju iznijet će se kratki pregled pogrešaka mjerenja i način iskazivanja mjernog rezultata, zatim u trećem poglavlju će biti riječi o načelu rada brojila el. energije, kako indukcijskih, tako i elektroničkih, sa opisom najvažnijih dijelova i funkcija. Također će se u ovom poglavlju općenito upoznati sa pojmom umjeravanja i konkretno sa opremom za umjeravanje, kakva se trenutno koristi u osječkoj baždarnici, koja je ovlašteno tijelo za pripremu mjerila. Bit će detaljno opisan postupak kroz koji prolaze brojila, od dovoza u ovlašteni servis (baždarnicu), preko tehničke pripreme i cjelovitog postupka umjeravanja indukcijskih i elektroničkih brojila. Na kraju trećeg poglavlja bit će spomenuta zakonska regulativa vezana za dobivanje statusa ovlaštenog tijela za pripremu mjerila, zakonska regulativa vezana za umjeravanje brojila el. energije i na kraju opisan postupak ovjere brojila koji provodi ovlašteni mjeritelj državnog zavoda za mjeriteljstvo (DZM).

Četvrto poglavlje namijenjeno je praktičnom izvođenju kontrolnog mjerenja, na elektroničkim brojilima razreda točnosti 2 i 3, koje će biti provedeno uz prisutnost ovlaštenog mjeritelja DZM-a. Peto poglavlje je rezervirano za zaključak, dok će u prilozima biti predstavljene tablice s rezultatima mjerenja elektroničkih brojila u obliku ispisa kakav se dobije umjeravanjem preko softvera (C.A.T.S.) koji se koristi za tu svrhu. U sljedećem prilogu može se detaljnije vidjeti struktura i traženi parametri za rukovanje spomenutim softverom. Zadnji prilog će nas pobliže upoznati s komunikacijama koja se koriste u modernim brojilima između potrošača i dobavljača električnom energijom.

2.ISKAZIVANJE MJERNOG REZULTATA I POGREŠAKA MJERENJA

2.1. Pogreške mjerenja

Svakim mjerenjem pokušavamo odrediti pravu vrijednost neke mjerene veličine, međutim prava vrijednost nije poznata. Uz primjenu najpreciznijih mjernih uređaja pravoj vrijednosti se možemo samo više ili manje približiti. Uzrok tome je nesavršenost mjerne opreme, mjernog postupka, mjernog objekta, različitih vanjskih utjecaja (temperatura, položaj, strana magnetska polja, itd.) i pogreške mjeritelja. Zato se u mjeriteljstvu umjesto prave vrijednosti najčešće podrazumijeva dogovorena prava vrijednost [4]. To je ona vrijednost dobivena najtočnijim od postupaka koji su dostupni u danim prilikama. Razlika između mjerenjem dobivene vrijednosti x_{mj} i dogovorene prave vrijednosti x_p naziva se apsolutnom pogreškom mjerenja

$$p_a = x_{mj} - x_p \quad \text{(iskazana u mjernim jedinicama)} \qquad (2\text{-}1)$$

Relativna pogreška mjerenja se koristi za ocjenu točnosti, kao odnos između apsolutne pogreške i prave vrijednosti mjerene veličine.

Relativna pogreška:

$$p_r = \frac{x_{mj} - x_p}{x_p} \quad \text{(iskazana je omjerom)} \qquad (2\text{-}2)$$

Razlikujemo pogreške mjera (mjerna oprema koja utjelovljuje vrijednost neke fizikalne veličine npr. etaloni otpora, napona, kapaciteta, kalibratori, utezi itd.) i pogreške pokaznih mjerila [3].

Apsolutna pogreška kod mjera je razlika između naznačene (nominalne) vrijednosti mjere i njezine dogovorene prave vrijednosti. Ta dogovorena prava vrijednost je izmjerena vrijednost dobivena sa oko pet puta točnijim mjerenjem od deklarirane točnosti mjera.

Apsolutna pogreška kod pokaznih mjerila je razlika između izmjerene vrijednosti na pokazanom mjerilu i dogovorene prave vrijednosti (2-1).

Relativna pogreška mjerenja p_r : koristimo je za ocjenu točnosti mjerenja, kao odnos između apsolutne pogreške i dogovorene prave vrijednosti mjerne veličine (2-2).

Relativna pogreška se često izražava i u postotcima, a dobiva se množenjem sa 100. Ako iza decimalnog zareza ima puno nula, relativnu pogrešku možemo množiti sa 1000 i izraziti u promilima.

Postotna pogreška:

$$p_{\%} = \frac{x_{mj} - x_p}{x_p} \times 100 \quad \text{(iskazano u postotcima)} \tag{2-3}$$

U mjernoj tehnici susreće se pojam ispravak (korekcija) I koja ima istu apsolutnu vrijednost kao apsolutna pogreška, ali je suprotnog predznaka.

$$I = -p_a \tag{2-4}$$

Ispravljeni rezultat jednak je iznosu očitane vrijednosti plus ispravak.

Poznavajući pogrešku, ispravljenu vrijednost možemo odrediti pomoću ispravka. Rezultati mjerenja mogu se ispravljati samo od sustavnih pogrešaka [3].

Pogreške se prema uzrocima nastanka dijele na tri vrste: grube, sustavne i slučajne.

Grube pogreške nastaju zbog nestručnosti ili nepažnje mjeritelja, izborom neodgovarajuće ili neispravne opreme i pogrešno primijenjene metode. Budući da grube pogreške mjeritelj često nije ni svjestan, takvu pogrešku nije moguće matematički vrednovati, niti uzeti u obzir putem ispravka. Mjerni rezultat s grubom pogreškom se odbacuje. Učestalost grubih pogrešaka može se smanjiti redovitim provjeravanjem ispravnosti mjerila, pažljivim mjerenjem i ponavljanjem mjerenja.

Sustavne (sistemske) pogreške se na uvijek isti način ponavljaju tijekom ponavljanja pokusa. Nastaju zbog nesavršenosti mjerila, mjera, mjernog objekta, mjernog postupka, tj. metode, zbog utjecaja okoliša (npr. temperatura, magnetsko polje) i osobnih utjecaja mjeritelja. Pogreške mjeritelja su često pogrešno očitanje, zbog paralakse ili zanemarivanja prijelaznih otpora i napona u el. mjerenjima. Karakteristika sustavnih pogrešaka je da imaju stalnu vrijednost i predznak. Zato se sustavne pogreške poznatih uzroka, odredivih iznosa mogu odstraniti ispravkom. Međutim, koliko god pažljivo otkrivali i utvrđivali sustavne pogreške uvijek su prisutna određena odstupanja čiju vrijednost ni predznak ne znamo odrediti, njih nazivamo *preostale sustavne pogreške.* Njih mjeritelj mora procijeniti na osnovu iskustva i znanja [3].

Ispravljeni rezultat M_i je zbroj izmjerene (očitane) vrijednosti M_o i ispravka I

$$M_i = M_o + I \tag{2-5}$$

Nesigurnost mjernog rezultata se ispravljanjem rezultata smanjuje na nesigurnost ispravka i nesigurnost zbog slučajnih odstupanja.

Slučajne pogreške nastaju zbog mnoštva neizbježnih, neobuhvatljivih, malih promjena koje neprekidno nastaju u mjerilima, mjerama i mjernom objektu i uslijed neobuhvatljivih promjena u utjecaju okoline ili ih uzrokuje sam mjeritelj. Veliki broj različitih uzroka izaziva te pogreške, a one u svakom pojedinom mjerenju djeluju različito, pa se slučajne pogreške mijenjaju po veličini i predznaku. Mjerni rezultati se pri tome rasipaju, tj. postaju nesigurni, ne mogu se ispravkom rezultata uzeti u obzir, ali se mogu smanjiti računanjem srednje vrijednosti ponovljenih mjerenja. Drugim riječima, ako se izvrši nekoliko mjerenja neke veličine pod istim uvjetima, sa istim mjernim uređajima i pri tome dobiju rezultati koji se rasipaju oko neke vrijednosti, uslijed slučajnih pogrešaka koje mijenjaju veličinu i predznak, te se ne mogu izbaciti putem ispravka, tada je najvjerojatnija vrijednost mjerne veličine *aritmetička sredina* pojedinačnih rezultata [5].
Kako bismo smanjili utjecaj slučajnih pogrešaka, najvjerojatniju vrijednost mjerne veličine određujemo aritmetičkom sredinom ili srednjom vrijednošću pojedinačnih mjerenja.
Uz mjerenje ponovljeno n puta i dobivene rezultate x_1, x_2, x_3...x_n, aritmetička sredina pojedinačnih rezultata je:

$$\bar{x} = \frac{x1 + x2 + x3... + xn}{n} = \sum_{i=1}^{n} xi \qquad (2\text{-}6)$$

Ako mjerni rezultati manje odstupaju jedan od drugoga, kažemo da je mjerenje preciznije. Za ocjenu preciznosti računa se *standardno odstupanje* (srednja kvadratna pogreška ili standardna devijacija)

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(xi - \bar{x})^2} \qquad (2\text{-}7)$$

Što je manje standardno odstupanje, to je preciznost mjerenja veća. Standardno odstupanje se računa na osnovu razlika pojedinih rezultata x_i i srednje vrijednosti mjerenja $\bar{x}$, a ne kao razlika između pojedinih rezultata i dogovorene prave vrijednosti, što bi odgovaralo definiciji pogreške. Zato što prava vrijednost nikad nije poznata, standardno odstupanje se može samo procijeniti statističkim pomagalima. Standardno odstupanje se može računati i u relativnom iznosu, tako da se podijeli s aritmetičkom sredinom. Kao rezultat mjerenja obično se uzima aritmetička sredina svih mjerenja, pa je potrebno znati koliko je odstupanje tako dobivene aritmetičke vrijednosti.

Standardno odstupanje aritmetičke sredine (nepouzdanost srednje vrijednosti) računa se:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \tag{2-8}$$

s – standardno odstupanje

n – broj mjerenja

Tako dobiveno standardno odstupanje aritmetičke sredine manje je od standardnog odstupanja pojedinačnog mjerenja i obrnuto proporcionalno s drugim korijenom broja mjerenja [5]. Nema smisla znatno povećavati broj ponavljanja mjerenja, jer se pri velikom broju mjerenja standardno odstupanje relativno malo smanjuje.

Veća preciznost znači manje standardno odstupanje, dakle manje rasipanje rezultata. Poboljšanje preciznosti nužan je uvjet za povećanje točnosti, ali nije jedini. Mjerni uređaj je točan onda kada je ispravan i precizan (dakle, kada su male sustavne i slučajne pogreške). Točnost je mjera podudaranja, tj. bliskost slaganja nekog mjernog rezultata s pravom vrijednosti. Ne trebamo brkati pojmove u govoru i misleći na točnost govoriti o preciznosti [3]. Kada je na raspolaganju, najvjerojatniju vrijednost mjerne veličine predstavlja aritmetička sredina (2-6), ali samo ako sustavnih pogrešaka u tim rezultatima nema i kada su oni dobiveni u jednakim uvjetima mjerenja. Ako sva mjerenja nisu obavljena pod istim uvjetima i nemaju svi rezultati istu vrijednost, odnosno težinu, tada pouzdanost aritmetičke sredine nije ista. Zato se u takvom slučaju najvjerojatniji iznos mjerne veličine određuje pomoću *opće srednje vrijednosti*

$$\bar{x} = \frac{p_1\bar{x}_1 + p_2\bar{x}_2 + \ldots + p_m\bar{x}_m}{p_1 + p_2 + \ldots + p_m} \tag{2-9}$$

gdje su $\bar{x}_1,\ \bar{x}_2 \ldots \bar{x}_m$ srednje vrijednosti rezultata pojedinih od m nizova, a $p_1, p_2, p_3 \ldots p_m$ težine svakog niza mjerenja.

Težine su pozitivni brojevi ovisni o pripadnoj nesigurnosti. Precizna mjerenja imaju veću težinu i obratno. Ako je poznato standardno odstupanje, težinu p_i možemo odrediti prema izrazu:

$$p_i = \frac{K}{s_{\bar{x}_i}^2} \tag{2-10}$$

$s_{\bar{x}_i}$ - standardno odstupanje, K - konstanta. Konstantu K odabire se proizvoljno tako da se olakša računanje. Često se uzima jednaka kvadratu najveće nepouzdanosti, time težina p_i postaje jednaka jedinici, a ostale težine bivaju veće, obrnuto proporcionalne kvadratu pripadajuće nepouzdanosti.

Nepouzdanost tako dobivene opće srednje vrijednosti dobiva se prema izrazu:

$$s_{\bar{x}_s} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s_{\bar{x}_i}^2}}} \tag{2-11}$$

Mjerna obnovljivost je bliskost međusobnog slaganja rezultata iste veličine, ali mjerene u izmijenjenim okolnostima (različita mjerna metoda, različiti mjeritelji, laboratorij i sl.) [5]

Pri svakom pojedinom mjerenju veliki broj zasebnih uzroka slučajnih pogrešaka djeluju drugačije i one izazivaju rasipanje rezultata ponavljajućih mjerenja. Pritom učestalost ponavljanja pojedinih rezultata podliježe Gaussovoj ili normalnoj razdiobi. Normalna razdioba je definirana funkcijom vjerojatnosti

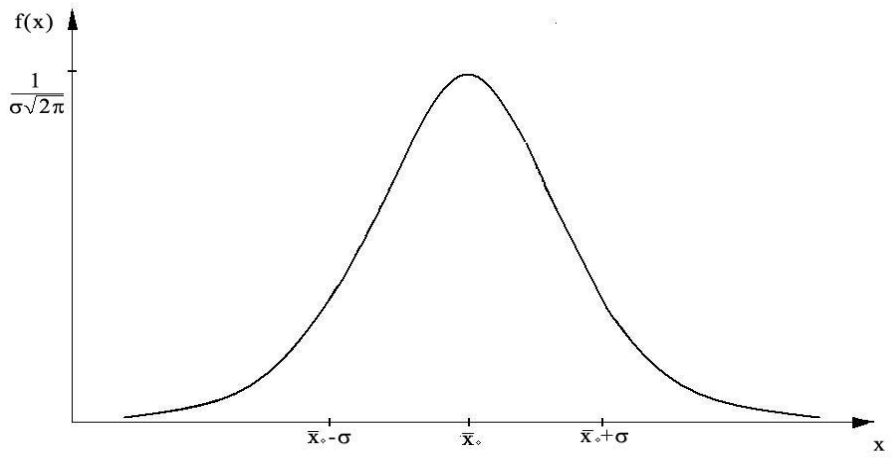
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}_o}{\sigma}\right)^2} \tag{2-12}$$

$\bar{x}_o$ - aritmetička sredina

σ - standardna devijacija

To je zvonolika, simetrična, jednotjemena funkcija kontinuirane slučajne varijable x, jednoznačno određene dvama parametrima: aritmetičkom sredinom $\bar{x}_o$ i standardnom devijacijom σ .

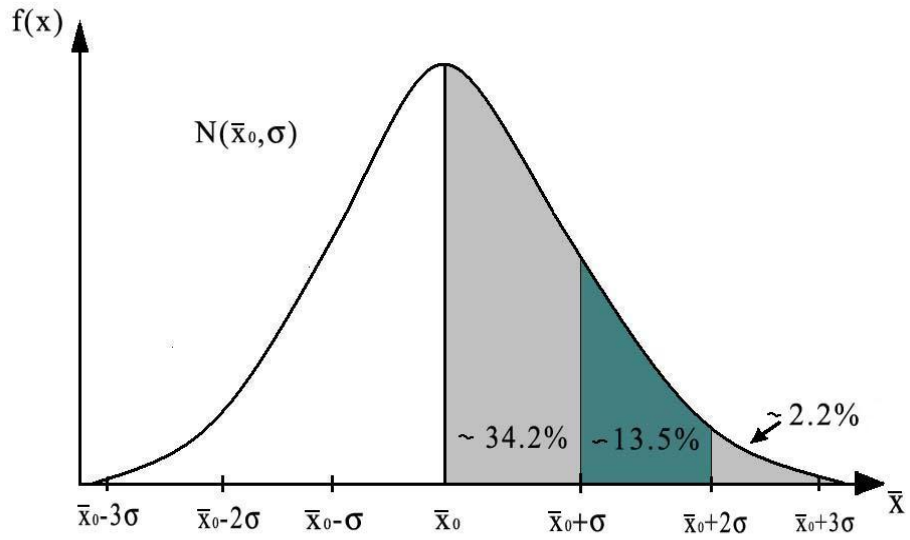
Mnogi se problemi u raznim područjima primjene rješavaju baš ovom razdiobom [3].



Sl. 2.1. Normalna razdioba

Površina ispod krivulje normalne razdiobe, između apscisa $-\infty < x < +\infty$ je jednaka jedinici, to znači da je vjerojatnost da slučajna varijabla (pri mjerenjima je to ispravljeno očitanje ili opažanje) poprimi neku vrijednost između minus i plus beskonačno siguran događaj.

Nije moguće odrediti pravu vrijednost mjerene veličine uz prisutnost slučajnih pogrešaka, nego samo granice područja unutar kojih se, s određenom vjerojatnošću, može očekivati prava vjerojatnost mjerene veličine.



Sl. 2.2. Područje vjerojatnosti normalne razdiobe [3]

Vjerojatnost da se prava vrijednost nalazi unutar granica intervala između x_1 i x_2 dobiva se integriranjem funkcije vjerojatnosti, u granicama od x_1 do x_2 [5]

$$P(x_1 < x < x_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}_o}{\sigma}\right)^2} dx \qquad (2\text{-}13)$$

Ovaj integral zapravo daje površinu ispod krivulje vjerojatnosti nad intervalom od x_1 do x_2.

Neke karakteristične vrijednosti ovog intervala dane su u tablici:

Tab. 2.1. Vjerojatnost da se prava vrijednost nalazi unutar određenih granica [5]

Donja i gornja granica	Vjerojatnost da se x nalazi	
	Unutar granica	Izvan granica
$\bar{x}_0 \pm 0{,}674\sigma$	50%	50%
$\bar{x}_0 \pm \sigma$	68,26%	31,74%
$\bar{x}_0 \pm 2\sigma$	95,45%	4,55%
$\bar{x}_0 \pm 3\sigma$	99,73%	0,27%

Aritmetička sredina i eksperimentalno standardno odstupanje uzorka omogućuju da se, s određenom statističkom sigurnošću, donese sud o cijeloj količini iz koje je uzorak uzet. Isto se može procijeniti koliko elemenata iz cijele količine nije u granicama postavljenih tolerancija. Kakvoća robe ili ispravnost mjerila se provjerava isključivo uzorcima.

Mjerna nesigurnost je brojčani izraz kvalitete mjernog rezultata, tj. parametar pridružen mjernom rezultatu, koji opisuje rasipanje vrijednosti koje se mogu razumno pripisati mjernoj veličini [3].
Granice pouzdanosti, kao pojam, vezane su isključivo za slučajne pogreške mjerenja, dok druga komponenta te nesigurnosti potječe od sustavnih pogreški. Pretpostavljajući da se uklonilo sve uzroke sustavnih pogrešaka ili da su one uklonjene pomoću ispravka, mjerna nesigurnost iskazana samo područjem pouzdanosti, uključuje samo slučajne pogreške. U stvarnosti neke se sustavne pogreške ne mogu odstraniti ispravkom. Pravi iznos i predznak im se ne zna pa one izazivaju dodatnu nesigurnost mjernog rezultata, zato se u mjernu nesigurnost moraju uključiti i preostale sustavne pogreške kao druga komponenta mjerne nesigurnosti. Mjerna nesigurnost se iskazuje standardnim odstupanjem (standardnom devijacijom), pa se ponekad rabi izraz standardna nesigurnost (ili skraćeno nesigurnost).
Prema metodi vrednovanja, mjerna nesigurnost se svrstava u dvije kategorije:
Standardna nesigurnost tipa A [u_A], metoda je određivanja statističkom analizom na temelju razdiobe učestalosti (frekvencije) dobivenih rezultata niza mjerenja.
Standardna nesigurnost tipa B [u_B], procjenjuje se obično na temelju pretpostavljene razdiobe učestalosti.
Standardna nesigurnost tipa B se temelji na [3],[4],[5]:

- Specifikacijama mjerne opreme
- Podacima o umjeravanju mjerila
- Podacima o nesigurnosti upotrijebljenih konstanti i drugih podataka koji su preuzeti iz priručnika i drugih izvora
- Podacima o ponovljivosti i obnovljivosti
- Iskustvu ili znanju o ponašanju i značajkama mjernog instrumenta
- Procjeni nesigurnosti ispravka
- Drugim informacijama kao što su: zaokruživanje, kvantizacija, histereza, razlučivost

Ukupna nesigurnost se računa kao drugi korijen iz zbroja kvadrata komponenata

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \tag{2-14}$$

Kada postoji više komponenata, one se geometrijski zbrajaju. Sve se komponente nesigurnosti jednako tretiraju, što pojednostavljuje procjenu ukupne nesigurnosti.

U slučaju postojanja više komponenata sustavnih pogrešaka, standardna nesigurnosti tipa B se računa:

$$u_B = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} u_i^2} \tag{2-15}$$

U preporukama stoji da se kvaliteta mjernog rezultata iskazuje standardnom nesigurnošću, no kada je to opravdano može se iskazivati i tzv. *proširenom nesigurnošću* U .

Proširenu (povećanu) nesigurnost dobivamo množenjem ukupne standardne nesigurnosti sa faktorom proširenja (pokrivanja) k

$$U = k \cdot u \tag{2-16}$$

Veličina faktora proširenja određena je odabranom vjerojatnošću da raspon vrijednosti, određen proširenom nesigurnošću, obuhvaća (pravu) vrijednost mjerene veličine. Faktor proširenja biva veći što je odabrana vjerojatnost veća. Vrijednost faktora proširenja obično iznosi 2 ili 3.

Kada je mjerna nesigurnost jednaka dvostrukom standardnom odstupanju ($k = 2$), tada granice ukupne nesigurnosti pokrivaju područje vjerojatnosti (povjerenja) oko 95% , kada je $k = 3$ tada je područje vjerojatnosti oko 99% .

Razina vjerojatnosti od 95% znači da je vjerojatnost 1:20 da će (prava) vrijednost mjerene veličine biti izvan raspona, određenog odgovarajućom proširenom nesigurnošću, odnosno 19:20 da će biti unutar tog raspona.

Zakon geometrijskog zbrajanja ne vrijedi za komponente proširene nesigurnosti, zato da bi postupak određivanja proširene nesigurnosti bio pravilan, prvo se izračuna ukupna standardna nesigurnost i tek na kraju pomnoži sa odgovarajućim faktorom proširenja.

Mjerna nesigurnost se iskazuje standardnim odstupanjem, pa se nesigurnost tipa B procjenjuje na temelju granične pogreške

$$u_B = \frac{G}{\sqrt{3}} \tag{2-17}$$

Granične pogreške

Točnost je jedna od najvažnijih značajki mjerila. Sigurna odstupanja, unutar kojih mjerni uređaj smatramo ispravnim, uz uvjet pravilne uporabe, nazivamo granična pogreška.

Granične pogreške su, dakle, najveće dopuštene pogreške, za koje se jamči da neće biti premašene, bez obzira na mjernu nesigurnost kojom se rezultat dobiva [3]. Potrebno je da mjerna

nesigurnost umjeravanja uređaja bude dovoljno mala (oko pet puta manja) kako bi se izbjegle dvojbe pri procjeni pogreške. Granične pogreške se obilježavaju slovom G, a može biti jednostrana, s predznakom + ili - , ili dvostrana s predznakom $\pm$. Bitno je da mjerni uređaj bude pravilno upotrijebljen, a pod pravilnom upotrebom smatra se mjerenje unutar mjernog dometa, pri referentnim uvjetima, tj. u određenom rasponu utjecajnih veličina. Utjecajne veličine su one veličine koje mogu utjecati na pokazivanje instrumenta, a nisu predmet našeg interesa (mjerenja). Utjecajne veličine mogu biti unutarnje ili vanjske, a obje na svoj način utječu, tj. kvare mjerni rezultat. Da bi smo imali pod kontrolom, tj. ograničili nepoželjni vanjski utjecaj, propisuje se referentna vrijednost ili referentno područje. U referentnom području ispravan mjerni uređaj mora mjeriti s pogreškom manjom od graničnih pogrešaka koje su navedene. Proizvođač mjerila obvezan je navesti referentne uvjete i referentno područje za sve veličine koje utječu na svojstva mjerila, npr. veličine napajanja (napon, frekvencija, izobličenja, itd.), mehaničke veličine (položaj, vibracije itd.), klimatske veličine (temperatura okoline, tlak, relativna vlažnost zraka itd.), strana polja i zračenja (magnetska polja, električna polja, elektromagnetska polja, itd).

Umjerena (baždarena) granična pogreška je najveće dopušteno odstupanje vrijednosti, koje pokazuje mjerni uređaj, od vrijednosti etalona korištenog pri umjeravanju.

2.2. Iskazivanje mjernog rezultata

Ovisno o namjeni, treba biti prilagođeno iskazivanje mjernog rezultata, jer za znanstveni rad je za očekivati jednu višu razinu nego za npr. svakodnevno rutinsko mjerenje. Bitno je da se pri tome zadrže osnovna načela dogovora na međunarodnoj razini, prema kojoj se mjerna nesigurnost treba iskazivati standardnim odstupanjem (standardnom devijacijom). Standardna mjerna nesigurnost je univerzalni iskaz o kvaliteti rezultata izravnih i posrednih mjerenja. Zahvaljujući tome mjerni rezultati postaju izravno usporedivi.

Predlažu se tri razine iskazivanja mjernog rezultata:

1. Visoka razina [V] (u znanstvenim radovima i dokumentima vrhunskog mjeriteljstva). Svi relevantni podatci koji omogućuju uporabu, provjeru i obnavljanje rezultata i njegove nesigurnosti trebaju biti sadržani u mjernim rezultatima V razine. Time omogućujemo da se mjerni rezultat u budućnosti može osuvremeniti s pomoću nove informacije o smanjenju nesigurnosti pojedinih komponenata, na temelju kojih je mjerni rezultat dobiven. Najmanje što treba navesti je: - opis postupka mjerenja –opis postupka izračunavanja mjernog rezultata na

temelju izmjerenih vrijednosti i ostalih ulaznih podataka (uključujući primijenjene pretpostavke) – vrijednost svih komponenata nesigurnosti, način njihove procjene i način procjene ukupne nesigurnosti i mjernog rezultata – dovoljno detaljno sve korake obrade mjerenja, tako da se mogu pratiti i ponoviti – sve ispravke i procjene njihove nesigurnosti – sve konstante koje su upotrijebljene pri obradi mjerenja i njihove nesigurnosti.
U krajnjem iskazu, mjernu nesigurnost je dovoljno iskazivati dvjema značajnim znamenkama, a vrijednost mjernog rezultata zaokružiti na razini vrijednosti zadnje značajne brojke nesigurnosti. Jednu znamenku više preporučuje se zadržati u međurezultatima. Mjerne nesigurnosti mogu se iskazati u relativnim, postotnim ili apsolutnim iznosima. Kod opravdanih razloga nesigurnost rezultata se može iskazati proširenom nesigurnošću i tada je potrebno navesti i faktor proširenja k, kojom je množena standardna nesigurnost i razinu vjerojatnosti P_r.

2. Srednja razina [S] (u stručnim radovima i izvještajima industrijskih laboratorija).

Mjerni rezultat treba sadržavati ispravljenu mjerenu (srednju) vrijednost M_i, standardnu nesigurnost u, broj ponovljenih mjerenja n ili broj stupnjeva slobode v kada je veći od nule.

$$M = M_i \pm u \tag{2-18}$$

Kako su iskazani mjerni rezultat na S razini najčešće dobiveni normiziranim metodama mjerenja za koju se znaju ponovljivost i obnovljivost i u većini su slučajeva rezultati dobiveni samo jednim mjerenjem, u izvještaju je dovoljno navesti odgovarajuću normu, ako je nema onda samo ukratko opisati mjerni postupak s potpisom i svojstvima mjerne opreme. Ako su rezultati dobiveni na temelju više puta ponovljenih mjerenja, onda je potrebno znati i broj stupnjeva slobode.

3. Niska razina [N] (pri svakodnevnom rutinskom radu).

Vrijednost koju izmjerimo predstavlja izmjerenu vrijednost (brojem i mjernom jedinicom) s tolikim brojem znamenaka da je nesigurnost zaokruživanja manja od četvrtine ukupne mjerne nesigurnosti.

3. PRINCIP RADA BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE I OPIS POSTUPKA UMJERAVANJA

3.1. Brojila električne energije

Brojila električne energije spadaju u grupu mjernih instrumenata, koja služe za mjerenje i registriranje električne energije, koja je u određenom vremenskom razdoblju predana potrošaču po unaprijed utvrđenoj cijeni. Zbog velikog broja potrošača električne energije, posebno onih iz kategorije kućanstva, brojila se proizvode u velikim serijama, puno većim nego ostali mjerni instrumenti. Na osnovu pokazivanja brojila vrši se obračun električne energije pa treba posebno voditi računa o njihovoj pouzdanosti i točnosti.

Prosječna trajnost indukcijskih brojila je 30 godina, a elektroničkih oko 20, sa jamstvenim rokom za minimalno 16 godina.

Električna brojila možemo podijeliti s obzirom na:

a) Vrstu energije: - istosmjerna
– izmjenična brojila

b) Vrsti izmjenične energije: - brojila djelatne
- brojila jalove
- brojila prividne energije

c) Broju faznih vodiča: - jednofazna
- trofazna

d) Prema načinu rada: - elektromehanička (indukcijska)
- elektronička (statička)
- hibridna (indukcijska sa digitalnim brojačem)

e) Prema broju tarifa: - jednotarifno
- dvotarifno
- višetarifno (kombinirana imaju npr. 2 tarife radne i jalove energije)

f) Prema načinu priključka: - izravna
- poluizravna
- neizravna

Kod izmjeničnih brojila moramo imati na umu da se izmjenična struja sastoji od djelatne, jalove i prividne komponente i ovisno o vrsti potrošača odabiremo i brojilo. Svugdje gdje su priključena omska trošila (žarulje, peći i sl.) potrošenu električnu energiju ćemo mjeriti pomoću brojila radne energije (kWh) . Tamo gdje imamo priključena velika trošila jalove energije (el. motori i sl.), te

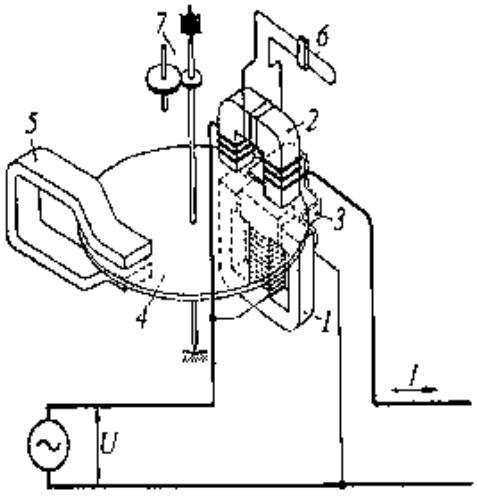
je potrebno odvojeno obračunavanje djelatne i jalove energije, uz brojilo radne potrebno je i brojilo jalove energije (kVArh).

3.1.1. Indukcijska brojila

Slično načelu rada indukcijskih mjernih instrumenata, indukcijskim električnim brojilima je potrebno putujuće magnetsko polje za dobivanje zakretnog momenta. Takvo magnetsko polje ćemo stvoriti posebnom izvedbom svitka. Da bi brojilo mjerilo djelatnu energiju, nužno je da zakretni moment M_1 bude razmjeran snazi potrošača. Kako je $P = U \times I \times \cos\varphi$ bit će taj zahtjev ispunjen samo ako je $\sin\varphi = \cos\phi$, odnosno ako je:

$$\Psi = 90° - \varphi . \tag{3-1}$$

Tada je:
$$M1 = kIU\sin\psi = kIU\cos\varphi = kP \tag{3-2}$$



Sl. 3.1. Indukcijsko brojilo [1]

1.naponski elektromagnet; 2.strujni elektromagnet; 3. stremen za povrat magnetskog toka; 4. aluminijski rotor; 5.permanentni magnet; 6.petlja od otpornog materijala za ugađanje pomaka; 7.zupčani prijenos na brojač

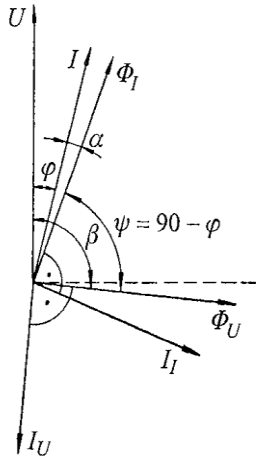
Pomični sustav indukcijskog brojila čini pločica od aluminija (u daljnjem tekstu „rotor“) postavljena na željeznu osovinu (slika 3.1.). Nepomični sustav se sastoji od dva elektromagneta smještena na željeznu jezgru. Jedan je serijski spojeni strujni svitak, podijeljen na dvije polovine, koji se sastoji od malo navoja debele žice i kroz koji protječe struja trošila I , drugi je paralelno spojeni naponski svitak, koji se sastoji od mnogo navoja tanke žice i priključen je na mrežni napon (naponskim svitkom prolazi jako mala struja).

Elektromagneti se nalaze jedan nasuprot drugom, smješteni tako da se strujni svitak nalazi sa donje strane, a naponski sa gornje. U zračnom rasporu između dva elektromagneta nalazi se aluminijski rotor.

Na rotor djeluju magnetski tokovi naponskog i strujnog elektromagneta Φ_U i Φ_I koji su proporcionalni naponu, odnosno struji trošila. Ti tokovi induciraju u rotoru napone, koji za 90° zaostaju za tokovima Φ_U, Φ_I koji su ih inducirali (slika 3.2.). Ovi inducirani naponi proizvode u rotoru vrtložne struje I_U i I_I koje su gotovo u fazi s tim naponima. Tok Φ_U sa strujom I_I stvara zakretni moment, kao i tok Φ_I sa strujom I_U. Pomični dio se zakreće u smjeru okretnog polja, kako bi prema Lorenzovom pravilu otklonio uzrok njegove pojave [1],[2].

Putujuće magnetsko polje omogućuje opisani oblik i raspored elektromagneta, ali osim toga za dobivanje okretnog magnetskog polja potreban je i fazni pomak između magnetskog toka koje uzbuđuje struja u naponskom i strujnom svitku. Bez posebnih električnih spojeva, samo odgovarajućom konstrukcijom svitaka i jezgri, postižemo taj fazni pomak.

Da bi se mogla mjeriti djelatna energija potreban je između strujnog magnetskog toka Φ_I i naponskog magnetskog toka Φ_U, fazni pomak točno 90°. Magnetski tok strujnog elektromagneta Φ_I, koji prodire kroz aluminijski rotor, nije točno u fazi sa strujom I koja ga uzbuđuje, nego za njom zaostaje za mali kut α, razlog tome su gubici u željezu elektromagneta i gubitci u rotoru. Budući da je za pravilno djelovanje indukcijskog brojila, između magnetskog toka potreban kut od točno 90°, mora magnetski tok naponskog elektromagneta Φ_U, koji prodire kroz rotor zaostajati za naponom za kut β, koji je za kut α veći od 90° . Time bi se zadovoljio temeljni uvjet za ispravno djelovanje indukcijskih brojila radne energije $\beta - \alpha = 90°$ [1]



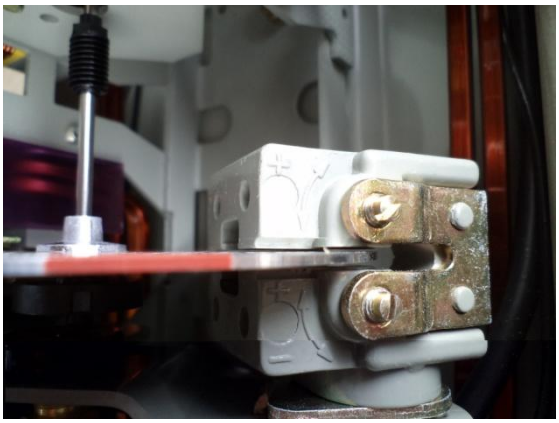
Sl. 3.2. Fazorski dijagram indukcijskog brojila djelatne snage [1]

Da bi ispunili taj zahtjev, moramo onemogućiti da ukupni magnetski tok naponskog elektromagneta Φ_U prolazi kroz ploču rotora i ne utječe na zakretni moment, jer magnetski tok zbog djelatnog otpora naponskog elektromagneta, zaostaje fazno prema naponu, za kut koji je manji, a ne veći od 90° . Zato je jezgra naponskog elektromagneta tako izvedena da se jedan dio ukupnog toka Φ_U grana na dva dijela.

Dio tog toka prolazi kroz dva bočna kraka željezne jezgre i zatvara se preko metalnog krilca u zračnom rasporu jezgre elektromagneta, a drugi dio prolazi kroz rotor. Zbog većih gubitaka u krugu toka Φ_U dolazi do njegovog faznog zaostajanja prema naponu U, za kut koji je veći od 90°.

Kako nije uvijek lako ugoditi da bude posve točno $\beta - \alpha = 90°$, potrebno je provesti dodatno ugađanje, za čega nam služi pomoćni namot na strujnoj jezgri. Na krajeve tog namota spojena je petlja od otpornog materijala, čiji se otpor može kontinuirano mijenjati pomicanjem mostića. Time se povećava kut α za mali kut δ, pritom je $tg\delta = L*\omega / R$, gdje je L induktivitet pomičnog namota [1].

Magnet



Sl. 3.3. Permanentni magnet

Osim između strujnog i naponskog namota aluminijski rotor se vrti još i u rasporu između polova permanentnog magneta (slika 3.3.). Takav magnet nam je neophodan, zbog toga što bi se bez njega rotor u motornom načinu rada počeo vrtjeti velikom brzinom, a time direktno i brojčanik, što bi samo mjerenje i očitanje činilo besmislenim.

Permanentnim magnetom ostvarujemo potrebni kočni moment, na način da rotor presijecaju magnetske silnice između dva pola permanentnog magneta. Zakretanjem pločice rotora stvaraju

se u rotoru vrtložne struje takvog smjera da, po Lenzovu zakonu, koče gibanje i dolazi do sporije vrtnje rotora.

Taj kočni moment je razmjeran brzini vrtnje rotora $M_2 = k_2 * n$ pa kako je moment razmjeran snazi potrošača $M_e = M_2$ dobivamo da je brzina vrtnje rotora razmjerna snazi potrošača, a broj okretaja rotora $n = k_2 * U * I = k_2 * P$ razmjeran mjerenoj energiji.

Drugim riječima, brzina vrtnje rotora razmjerna je snazi P, a broj okretaja koji u određenom vremenu t registrira brojač razmjeran je izvršenom radu W.

Za izradu permanentnih magneta koriste se razne slitine koje se pojavljuju pod imenima AlNiCo 160, AlNiCo 400, AlNiCo 700, kobalt- samarium itd. Vidljivo je iz naziva da su to uglavnom slitine aluminija, kobalta, nikla i željeza. Sve su te slitine jako krte i teške za obrađivanje, zato oblik magneta mora biti jednostavan za lijevanje, sinteriranje ili prešanje.

Ručica



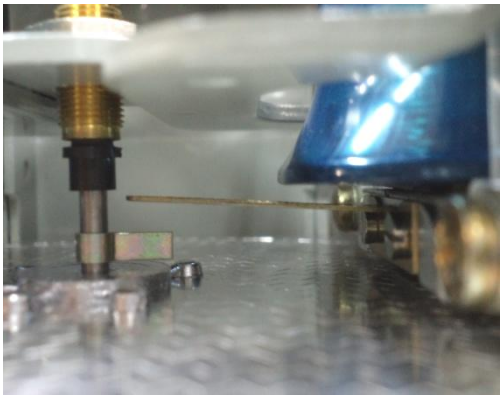
Sl. 3.4. Okretna ručica

Kod indukcijskih brojila utjecaj trenja pri malim opterećenjima kompenziramo pomoćnim naponskim momentom, koji dobivamo tako da naponski tok Φ_U razdvojimo u dva dijela Φ_u' Φ_u'' između kojih vlada mali fazni pomak ψ. Time nastaje pomoćni moment, koji je razmjeran umnošku tih magnetskih tokova i sinusu faznog pomaka između njih $M_1 = k * \Phi_U * \Phi_I * \sin\Psi$.

Za tu svrhu koristimo malu okretnu željeznu ručicu, koja se može u odgovarajućoj mjeri zakrenuti i tako namjestiti potrebni pomoćni moment (slika 3.4.).

Ispravak zakretnog momenta pri velikim opterećenjima, postižemo magnetskim, paralelnim spojem između polova strujne jezgre, u kojoj se otprilike pri nazivnoj struji pojavljuje zasićenje, tako da pri velikim opterećenjima zakretni moment raste brže od opteretne struje I. Zato se u tom dijelu krivulja pogrešaka, u ovisnosti o struji opterećenja, digne i time poboljša.

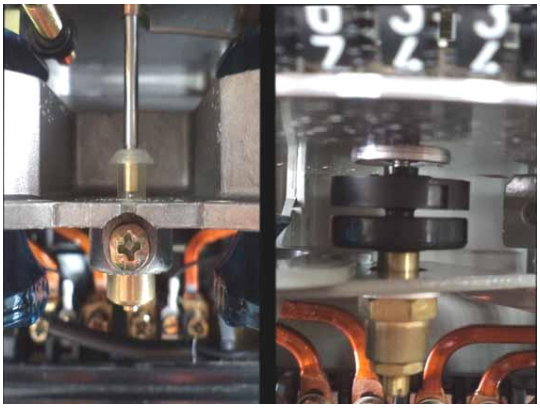
Listić i kukica



Sl. 3.5. Listić i kukica

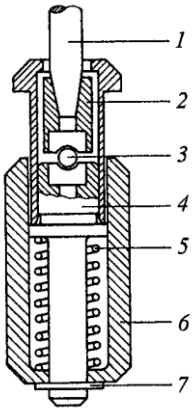
Čak kada je električno brojilo samo priključeno na napon bez opterećenja, primjetno je da postoji mali okretni moment, koji pomalo zakreće rotor. Da bi to spriječili, na osovinu rotora učvršćena je mala željezna kukica, koju pri tim malim zakretnim momentima može zadržati željezni listić, koji je na jednom kraju pričvršćen na jezgru naponskog elektromagneta, a drugom stranom je tek od 1 do 3 mm odmaknut od kukice na rotoru (slika 3.5.). Pri porastu mrežnog napona jače se magnetizira željezni listić pa je njegovo magnetsko djelovanje jače i tako se postiže statičnost rotora.

Ležajevi



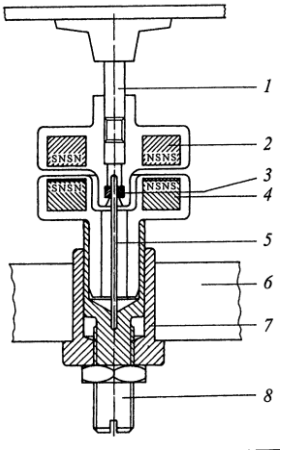
Sl. 3.6. Donji kuglični i donji magnetski ležaj

Da bi trenje aluminijskog rotora bilo što manje, nužno je bilo osmisliti ležaje koji bi ispunjavali tu funkciju kroz dugi niz godina za rad bez nadzora ili bar za što rjeđom potrebom za izmjenom. Imamo dvije vrste ležaja (slika 3.6.), na krajevima osovine rotora koje ćemo pobliže objasniti. Donji ležajevi postoje u dvije osnovne izvedbe: a) kuglični ležaj b) magnetni ležaj



Sl. 3.7. Donji kuglični ležaj [1]

1 osovina rotora; 2 sjedište osovine; 3 čelična kuglica; 4 noseći tuljac; 5 opruga; 6 vanjski tuljac za pričvršćenje; 7 držač

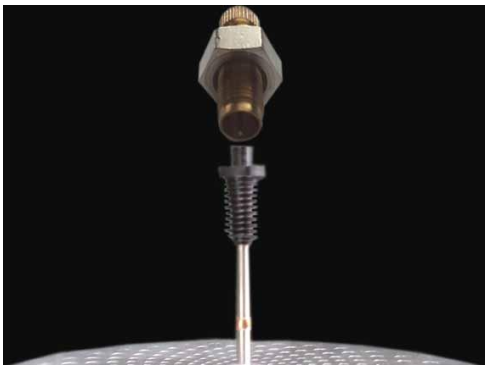


Sl. 3.8. Donji magnetni ležaj [1]

1 osovina rotora; 2 gornji magnet; 3 grafitni-tuljac; 4 donji magnet; 5 vodeća igla; 6 nosač 7 vanjski tuljac; 8 vijak za ugađanje visine

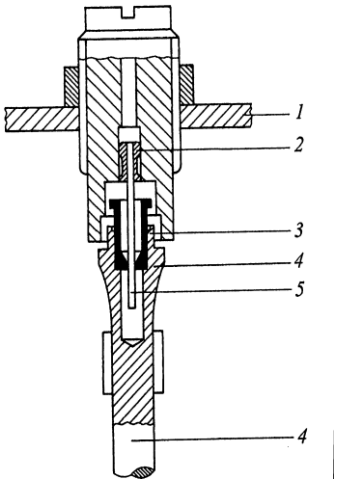
U kugličnom ležaju okreće se čelična kuglica između dva tanjurića od umjetnog kamena (slika 3.7.).

Još manje trenje se postiže magnetnim ležajima. Ležaj se sastoji iz dva dijela, gdje se jedan magnet navuče na donji kraj osovine rotora, a drugi magnetni dio je pričvršćen na konstrukciju, tako da im istoimeni polovi stoje sučelice, time je postignuto da rotor lebdi na odbojnoj magnetskoj sili između dva istoimena pola magneta (slika 3.8.)



Sl. 3.9. Gornji ležaj

Gornji ležaj je igličast, u njegovoj metalnoj kapi učvršćena je tanka čelična igla, koja ulazi u tuljac, koji se navuče na gornji kraj osovine rotora (slika 3.9.). Tuljac je najčešće od grafita, plastike, od bronce ili dragog kamena.



Sl. 3.10. Gornji ležaj [1]

1 nosač; 2 obujmica čelične igle; 3 tuljac za vođenje igle;

4 osovina rotora; 5 čelična igla

Brojila jalove energije

Za razliku od brojila djelatne energije, kod kojih je najveći zakretni moment postignut onda kada bi ostvarili da fazni pomak između naponskog magnetskog toka Φ_U i strujnog magnetskog toka Φ_I iznosi točno 90°, kod brojila jalove energije, kad struja zaostaje za naponom za 90°, pri čisto jalovom opterećenju, zakretni moment je najveći.

Osnovni uvjet za djelovanje brojila jalove energije jest da kut α između struje I i zaostajućeg strujnog magnetskog toka Φ_I bude jednak kutu β između napona U i naponskog magnetskog toka Φ_U. Drugim riječima, trebamo postići da između napona U i magnetskog toka Φ_U dođe do odgovarajućeg pomaka.

Udovoljavamo tom zahtjevu da je α = β tako da paralelno sa strujnim svitkom priključimo otpornik R, a u seriju s naponskim svitkom priključimo predotpornik Rp i otpore oba otpornika ugodimo da udovolje navedenom zahtjevu.

Brojila jalove energije se priključuju na isti način kao i brojila djelatne energije, a umjeravaju se u kilovarsatima (kVArh)

Trofazna brojila

U trofaznim mrežama se upotrebljavaju dvije vrste trofaznih brojila. Brojilo s dva i tri mjerna sustava. U trofaznim mrežama s tri vodiča, bez neutralnog vodiča, mogu se upotrebljavati brojila

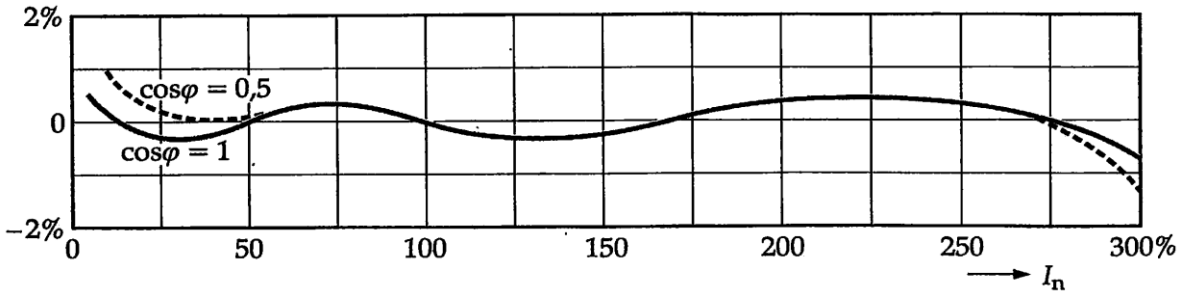
sastavljena od dva mjerna sustava, čiji su rotori pričvršćeni na zajedničku osovinu koja tjera brojač, a takva su brojila priključena u tzv. Aronovom spoju [2].

U četverovodnim mrežama, tj. mrežama sa neutralnim vodičem, upotrebljavaju se brojila sa tri mjerna sustava. Svaki mjerni sustav je zapravo jedno jednofazno brojilo čiji smo način rada već prije razmotrili, a specifičnost je u tome što rotor ima dva aluminijska koluta na koji djeluju mjerni sustavi. Na gornji aluminijski kolut, sa dvije suprotne strane djeluju dva mjerna sustava, a na donji kolut djeluje samo jedan mjerni sustav, nasuprot kojeg je postavljen permanentni magnet. Koluti su pričvršćeni na zajedničku osovinu, na sredini osovine se nalazi puž navoj na kojeg se naslanja zupčanik brojača, a na kojem će se registrirati okretaji. Odnos broja okretaja i potrošene električne energije je neizostavan podatak na svakoj natpisnoj pločici brojila i za trofazna djelatna brojila za direktan priključak najčešće iznose 75 okretaja po kWh (za brojila 10-40 A) i 120 okretaja po kWh (za brojila 10-60 A). Broj okretaja je vidljiv praćenjem crvene oznake (markice) na rotoru dok neke izvedbe brojila imaju davač impulsa.

Krivulja opterećenja

U zadnjih 50-ak godina broj kućanskih aparata je sve više rastao, što je dovelo do velikih opteretnih vrhova, a time i potrebom za takvim električnim brojilima, koja mogu podnijeti velika opterećenja i pravilno ih mjeriti, a da uz to točno pokazuju i pri malim opterećenjima.

Za razliku od starih brojila, današnja brojila se mogu opteretiti od 300%, 400%, 600% pa čak do 800% temeljne struje, a da pritom ne prekorače dozvoljenu granicu [2]. Brojila se tada označuju npr. 10 (30) A ili 10-30 A za 300% ili npr. 10 (40) A ili 10-40 A za 400% itd.



Sl. 3.11. Krivulja pogreške indukcijskog brojila [2]

(pri cos φ = 1 i cos φ = 0,5 pri nazivnom naponu i frekvenciji)

Pogreške brojila se pokazuju grafički u krivuljama pogreške i to za cosφ, nazivnu frekvenciju i nazivni napon. Krivulja daje postotnu vrijednost pogreške brojila, u ovisnosti o struji opterećenja I.

Kad su tereti vrlo mali (oko 5% temeljne struje) pogreška je pozitivna, električno brojilo pokazuje veću potrošnju zbog djelovanja pomoćnog naponskog momenta, prema slici 3.11.
Porastom tereta (30% temeljne struje) pogreška postaje negativna, jer je još mala permeabilnost strujne jezgre, a zatim s porastom te permeabilnosti postaje opet pozitivna.
Uz još veći teret (kod 600%) pogreška se još više smanjuje i prelazi u negativno područje, jer dolazi do izražaja kočno djelovanje struja koje strujni elektromagnet inducira u aluminijskoj ploči [1],[2].

3.1.2. Uklopni satovi

Zbog potrebe za ujednačavanjem potrošnje električne energije u razdoblju dana kada je potrošnja u elektroenergetskom sustavu veća, s razdobljem noći kada je potrošnja niža, koristi se višetarifni sustav obračuna potrošene električne energije. Električna energija je u noćnim satima jeftinija nego danju, čime potičemo trošenje u vremenu kada ima više energije u sustavu. Kod mehaničkih brojila tarifiranje se ostvaruje tako da brojilo mora imati dva brojača. Takvo brojilo zovemo dvotarifno.
Načelo rada je takvo da se brojčanik druge tarife stavlja u pogon preko releja (sinhroni motorić ili elektronski prebacivač tzv. elektronska tarifa). Relej, dobivši električni impuls od uklopnog sata, pomakne pogonsku osovinu čiji se zupčanik spoji sa zupčanikom brojčanika i tako započne registriranje u drugoj tarifi. Prestankom djelovanja impulsa zupčanik se vraća na registriranje u prvoj tarifi. Povrat omogućava opruga ili savijeni lim.
Na kraju osovine uz relej nalazi se pričvršćena limena zastavica koja se pomiče (gore ili dolje) pri prebacivanju tarife, a nacrtana strelica na zastavici služi da pokazuje potrošaču dali brojilo radi u prvoj (skupljoj) ili drugoj (jeftinijoj) tarifi. Oznaka se vidi kroz mali kvadratični otvor na natpisnoj pločici brojila.

Za prebacivanje tarifa kod brojila se najčešće koriste mehanički i digitalni uklopni satovi. Mehanički uklopni sat je satni mehanizam sa elektromotornim navijanjem opruge, namijenjen za periodičko vremensko upravljanje jednopolnih ili višepolnih strujnih krugova po unaprijed podešenom programu. Satni mehanizam pogoni kontaktnu pločicu, podijeljenu na 0-24 sata sa razmakom po 15 minuta, na kojoj se pomoću kontaktnih jahača može namjestiti vrijeme uklapanja, odnosno isključenja pomoćnog kontakta. Preko pomoćnog kontakta šalje se električni impuls u dvotarifno brojilo. Stabilnost ugrađenog kvarcnog oscilatora omogućava vremensku

stabilnost mehanizma tokom dužeg razdoblja. Ugrađena svjetleća dioda, kod nekih modela, omogućava vizualnu kontrolu položaja preklopnih kontakata releja.

Digitalni uklopni sat služi za vremensko sklapanje raznih uređaja s mogućnošću tjedno i dnevno ponavljajućih intervala. Osnovna izvedba digitalnog uklopnog sata upravlja jednim relejom, za koji se može upisati najviše 16 manevara preklapanja. Kod novijih digitalnih uklopnih satova relej je jedini elektromehanički dio. Temeljni sastavni dio je 4-bitno jednočipno računalo sa LCD radnim sklopom. Sekundarni impulsi koje generira kvarcni oscilator sa rezonancijskom frekvencijom (npr. 4.194304 MHz kod nekih Iskra TKM modela) s odgovarajućim djeliteljem C-MOS poluvodičkom logikom, temelj su djelovanja da iz njih oblikuje minute, sate i dane.
Ostali dijelovi su: pojačalo sekundarnih impulsa koji dolaze iz djelitelja, izlazni tranzistor snage za napajanje izlaznih releja, ispravljač za nestabilizirani napon +24 V i stabilizirani +4 V.
Ovisno o modelima i svojstvima uklopnog sata, neki se programiraju preko tipkovnice pomoću koje unosimo u mikroračunalo realno vrijeme, te željena programska vremena za prebacivanje izlaznih releja, kojih ovisno o izvedbi može biti do 3 komada. Neki modeli se programiraju pomoću optičke sonde i pripadajućeg softver-a .
U slučaju nestanka napajanja uklopni satovi su opremljeni s pričuvnim napajanjem koje može biti baterija (najčešće litijeva, Li) ili akumulator (Ni Cd). Rezervni hod, ovisno o tipu može biti od 100, 200, 250, 1200 sati, pa sve do 2 godine. Trajanje rezervnog hoda je podatak vidljiv na natpisnoj pločici.

Mrežno tonfrekventno upravljanje (MTU). Tonfrekventni prijemnik dio je centraliziranog sustava upravljanja svim višetarifnim brojilima iz jednog mjesta u mreži. S tog upravljačkog mjesta injektira se kodirani električni impuls tonske frekvencije, obično od oko 200 -1600 Hz, koji putuje cijelom elektroenergetskom mrežom do svakog primatelja. U vrijeme odašiljanja impulsa sva brojila budu prebačena u isto vrijeme. Područje koje se može pokriti signalom može biti u radijusu od nekoliko stotina kilometara, što ovisi o veličini konzuma i razgranatosti distributivne mreže. Prijemnik je tranzistorirani uređaj ugođen na frekvenciju impulsa, tako da ovisno o obliku impulsa uključi ili isključi pomoćni kontakt preko kojeg se upravlja brojčanicima dvotarifnog brojila.
MTU se koristi za: - upravljanje potrošačima u cilju rasterećenja konzuma u trenutcima vršnog opterećenja - upravljanje na električnim brojilima (prebacivanje tarifa) – mogućnost daljinskog iskapčanja neplatiša (potrebno: MTU prijemnik sa relejem i mogućnost individualnog

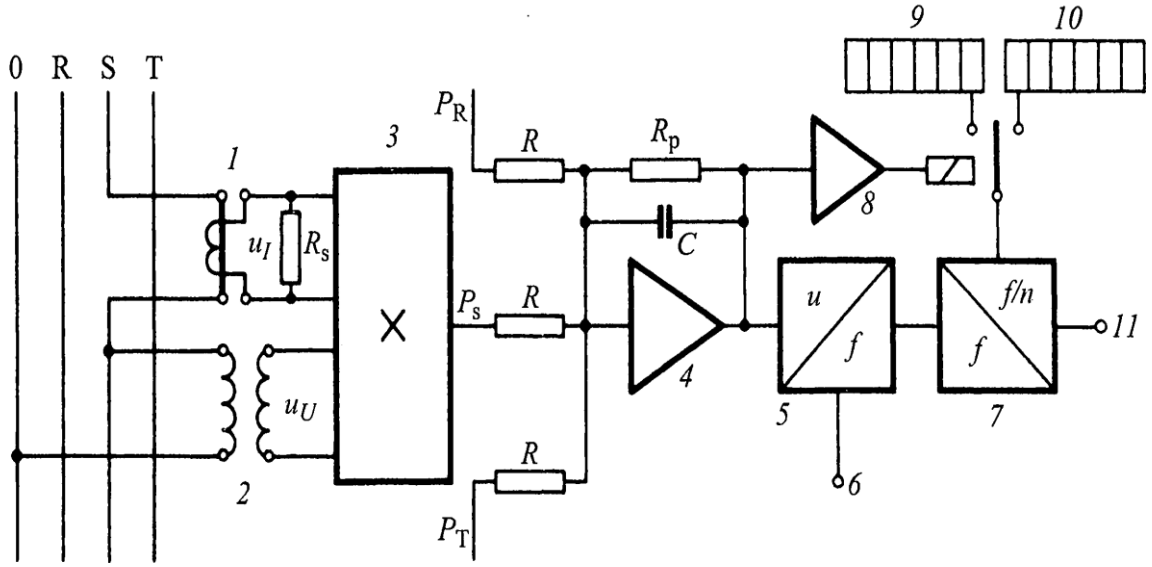
adresiranja MTU prijemnika) - regulacija javne rasvjete – druge upravljačke funkcije, gdje nije nužna povratna informacija o primljenoj upravljačkoj naredbi.
U elektroničkim brojilima novije generacije, mogućnost uklopnog sata i MTU je integrirana u brojilo.

3.1.3. Elektronička brojila

Prvo pojavljivanje elektroničkih brojila bilo je 80-ih godina prošlog stoljeća. U novije vrijeme napredak elektronike i znatno pojeftinjenje samih elektroničkih komponenti omogućio je primjenu elektroničkih sklopova u brojilima električne energije. Time je omogućeno konstruiranje novih brojila, čija svojstva i tehničke karakteristike nadmašuju svojstva i tehničke karakteristike indukcijskih brojila. Zadnjih godina dolazi do značajnog povećanja broja elektroničkih brojila, koja se ugrađuju na mjerna mjesta gdje su prije bila zastarjela mehanička brojila, koja sad više nisu u stanju odgovoriti potrebama novog vremena.
Budući da elektroničko brojilo nema niti jedan pokretni dio, naziva ga se i statičko brojilo. Elektronička brojila se mogu priključiti na električnu mrežu direktno, poludirektno i preko naponskih i strujnih transformatora. Brojila za priključak preko mjernih transformatora nazivamo transformatorsko brojilo. Elektronička brojila za mjerenje djelatne i jalove energije se još nazivaju i kombinirana tj. kombi brojila. U početku su se najčešće koristila kao trofazna brojila u industriji tj. kod većih potrošača, zbog točnijeg mjerenja djelatne i jalove energije, a danas su sve više zastupljeni i u kategoriji kućanstvo.
Prednosti elektroničkih brojila:

- manja masa i dimenzije
- neosjetljivost na nagib i položaj pri ugradnji
- znatno manji vlastiti potrošak
- znatno uže granice pogrešaka (ispod 0,1%)
- manja osjetljivost pokazivanja o promjenama napona i frekvencije
- mogućnost pohranjivanja obračunskih podataka
- rad s većim brojem tarifa (tj. primjena različitih tarifnih sustava)
- daljinsko očitavanje, parametriranje i iskapčanje
- integracija većeg broja funkcija u jednom uređaju (uklopni sat, MTK* prijemnik, maksigraf, mjerenje djelatne, jalove energije u više smjerova itd.)
- automatska kalibracija

Princip rada elektroničkog brojila



Sl. 3.12. Blok-shema elektroničkog brojila [1]

1 strujni transformator sa teretom Rs; 2 naponski transformator; 3 impulsni Multiplikator; 4 sumirajuće i gladeće pojačalo; 5 pretvornik napona u frekvenciju; 6 izlaz za umjeravanje i signalizaciju; 7 djelilo frekvencije; 8 detektor smjera energije na osnovu predznaka istosmjernog napona na pojačalu 4; 9 brojač za primljenu energiju; 10 brojač za predanu energiju; 11 izlaz za daljinska mjerenja

Na sekundarnoj strani strujnog mjernog transformatora dobiva se napon u_I, razmjeran primarnoj struji opterećenja, a na sekundarnoj strani naponskog mjernog transformatora dobiva se napon u_U proporcionalan faznom naponu mreže (slika 3.12.). Oba napona se privode impulsnom multiplikatoru u kojem se proizvode pravokutni impulsi čija je amplituda razmjerna naponu u_I, širina naponu u_U, a površina razmjerna umnošku u_I i u_U. Da bi dobili istosmjerni napon proporcionalan snazi tereta, impulse svih triju faza iz multiplikatora vodimo na ulaz pojačala, koji zbog djelovanja otpora R, R_p i kapaciteta C te impulse zbraja i gladi. Na izlazu tako dobivamo potrebni istosmjerni napon, proporcionalan ukupnoj snazi mreže P. Ovaj se napon zatim vodi na naponsko-frekvencijski pretvarač, čija je funkcija da na izlazu daje impulse koji su takve frekvencije koja je proporcionalna tom istosmjernom naponu. U određenom razdoblju t_2 - t_1 zbroj tih impulsa je proporcionalan energiji primljenoj iz mreže ili predanoj mreži. Pomoću djelitelja frekvencije smanjujemo broj tih impulsa, u nekom odnosu npr. 10 : 1 . Impulsi se zatim privode brojaču [1],[2].

Brojilu namijenjenom za mjerenje i jalove energije u naponskom krugu, iza mjernog transformatora, postavljen je sklop za zakretanje faze za 90°. Odatle se taj napon u_U , koji je sad fazno pomaknut, vodi na odgovarajući multiplikator i naponsko-frekvencijski pretvarač (slika 3.12.). Na izlazu iz naponsko-frekvencijskog pretvarača nalazi se izlaz za umjeravanje i signalizaciju, a na izlazu iz djelitelja frekvencije izlaz za daljinsko mjerenje.

Brojila također mogu imati i detektor smjera energije. U slučaju promjene predznaka istosmjernog napona, na pojačalu i preko odgovarajućih sklopki uključuje se brojač za primljenu, odnosno predanu energiju.

Mikrokontroler je centralni dio sklopa. Sastoji se od sljedećih osnovnih dijelova – centralna jedinica – programska memorija ROM – podatkovna memorija RAM – kontrolni dio – periferni moduli – oscilator i množilo frekvencije.

Struja trošila I_t, napon trošila U_t i referentni napon U_{ref} su ulazne veličine koje se šalju kao podaci mikrokontroleru. Ako je došlo do promjene stanja na kratkospojnicima, mikrokontroler će tada poduzeti odgovarajuću akciju (kalibriranje, brisanje trenutnog stanja i dr.). Ostali glavni dijelovi sklopa su – izvor istosmjernog napona napajanja 5 V,- kristalni oscilator – LCD displej - i za slučaj nestanka napajanja, sklop za preklapanje napajanja na bateriju.

U jednakim vremenskim razmacima mikrokontroler naizmjenično uzima uzorke napona i struje na svoja dva ulaza. Između uzorkovanja vrši se pretvorba analognog signala u digitalni, a zatim računanje. Računanje sa prethodna dva uzorka mora biti završeno prije sljedećeg nadolazećeg rukovanja. Nakon određenog vremena vrši se ispis na LCD displej i kontrola različitih perifernih signala.

Minimalni jamčeni životni vijek elektroničkih brojila je 16 godina.

Mjerenje energije u četiri kvadranta

Jedno od sve potrebnijih tehničkih mogućnosti modernih brojila jest mogućnost mjerenja energije u četiri kvadranta. Ova potreba posebno dolazi do izražaja povećanjem broja priključaka obnovljivih izvora na distributivnoj mreži. Napredno elektroničko brojilo zamjenjuje četiri elektromehanička brojila i uređaj za upravljanje tarifama. Prije primjene naprednih brojila, mjerna mjesta potrošača su se opremala sa dva brojila djelatne energije, svako za jedan smjer protoka energije i dva brojila jalove energije.

Napredna elektronička brojila mjere ulaz i izlaz energije i pohranjuju u zasebne registre.

Zahtjevi postavljeni za registriranje tokova energije su:

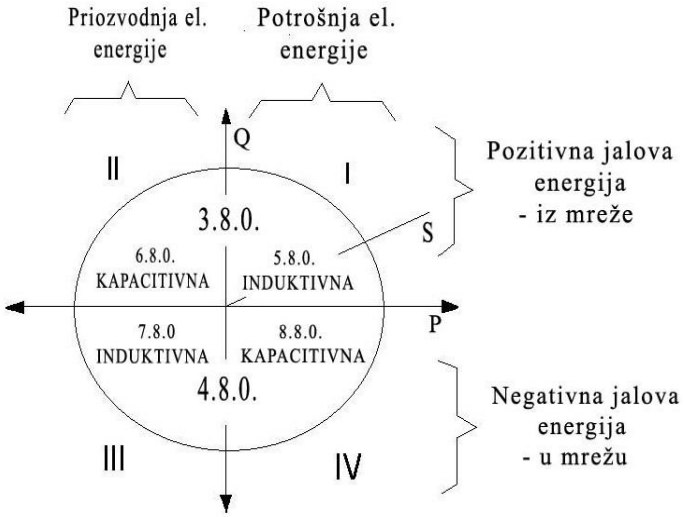
- mjerenje djelatne energije u oba smjera toka,
- mjerenje jalove energije u četiri kvadranta,
- mjerenje djelatne snage u oba smjera toka,
- komunikacijsko sučelje – optičko (IEC 62056-21), CS(strujna petlja), RS 485 i
- registriranje i pohranjivanje podataka o srednjoj 15-minutnoj krivulji opterećenja.

Trenutno se za očitanje i upravljanje ovim brojilima koriste GSM/GPRS komunikacijski kanali, kao i Ethernet mreža. Da bi brojilo ispunjavalo navedene zahtjeve, tj. sadržavalo navedene karakteristike, parametriranjem se zadaju registri koji bilježe tražene tokove. Oznake registara prema OBIS (Object Indentification System) kodu, standardnom u mjernim uređajima.

Tab. 3.1. Oznake registara po OBIS kodu u mjernom uređaju distribuiranog proizvođača

Oznaka Registra po OBIS kodu	Opis registra	Proizvođač/Kupac
1-0:2.8.1	Radna energija A- više tarife	Proizvođač
1-0:2.8.2	Radna energija A- niže tarife	Proizvođač
1-0:1.8.1	Radna energija A+ više tarife	Kupac
1-0:1.8.2	Radna energija A+ niže tarife	Kupac
1-0:2.6.1	Maksimalna radna snaga P- više tarife	Proizvođač
1-0:2.6.2	Maksimalna radna snaga P- niže tarife	Proizvođač
1-0:1.6.1	Maksimalna radna snaga P+ više tarife	Kupac
1-0:1.6.2	Maksimalna radna snaga P- niže tarife	Kupac
1-0:5.8.0	Jalova energija R1	Kupac
1-0:6.8.0	Jalova energija R2	Proizvođač
1-0:7.8.0	Jalova energija R3	Proizvođač
1-0:8.8.0	Jalova energija R4	Kupac
P.01.1.5.0	Srednje 15-min vrijednosti radne snage P+	Kupac
P.01.2.5.0	Srednje 15-min vrijednosti radne snage P-	Proizvođač

Registriranje jalove energije u 4 mjerna kvadranta je nužno iz obračunskih razloga, ali iz razloga prirode jalove energije, te zahtjeva u smislu proizvodnje jalove energije ($\cos\varphi$) koji se postavljaju na proizvođača.



Sl. 3.13. Definicija kvadranata toka jalove energije [11]

Površina čitave kružnice predstavlja ukupan tok jalove energije koja je ostvarena na mjestu predaje. Ovisno o smjeru, tok jalove energije se dijeli na dvije komponente – pozitivnu (tok iz mreže) i negativnu (tok prema mreži). Osim podjele po smjeru toka, vrši se i podjela jalove energije u ovisnosti o toku djelatne energije, tj. podjela na dvije podkomponente induktivna i kapacitivna (zbog naravi aktivnih i pasivnih komponenti na mjernom mjestu), (slika 3.13.).

Slijede definicije registara jalove energije po kvadrantima:

- registar pozitivnog toka jalove energije -3.8.0 – sastavljen je od:
  - 5.8.0 – INDUKTIVNA komponenta jalove energije koja se TROŠI na mjestu POTROŠNJE električne energije (kupac, potrošač električne energije),
  - 6.8.0 – KAPACITIVNA komponenta jalove energije koja se TROŠI na mjestu PROIZVODNJE električne energije (proizvodnja, proizvođač električne energije).
- Registar negativnog toka jalove energije – 4.8.0 – sastavljen je od:
  - 7.8.0 – INDUKTIVNA komponenta jalove energije koja se PROIZVODI na mjestu PROIZVODNJE električne energije (proizvodnja, proizvođač električne energije).
  - 8.8.0 – KAPACITIVNA komponenta jalove energije koja se PROIZVODI na mjestu POTROŠNJE električne energije (kupac, potrošač električne energije).

Registriranje jalove energije prema smjeru i prema naravi, kako je prikazano, jednostavno se može zaključiti da li je uvjet minimalnog faktora snage kojeg distribuirani proizvođač mora ostvariti ispunjen ili ne [11].

3.2. UMJERAVANJE BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Kako je navedeno u Zakonu o mjeriteljstvu,*"Umjeravanje je radnja kojom se pod određenim uvjetima u prvom koraku uspostavlja odnos između vrijednosti veličine s mjernim nesigurnostima koje daju mjerni etaloni i odgovarajućih pokazivanja kojima su pridružene mjerne nesigurnosti, a u drugom koraku ti se podaci upotrebljavaju za uspostavljanje odnosa za dobivanje mjernog rezultata iz pokazivanja"*[6]. Osnova umjeravanja je, dakle, neposredno ispitivanog mjerila sa etalonom i donošenje odluke, na osnovu pokazanih rezultata, dali je mjerilo ispravno ili nije, tj. dali je rezultat koji pokazuje ispitivano mjerilo unutar dozvoljenih granica glede točnosti. Nad mjerilima se provodi redovito umjeravanje, u svrhu sljedivosti mjernih rezultata.

O umjeravanju se izdaje potvrda o umjeravanju, a najčešće se na umjereno mjerilo stavlja naljepnica i(ili) plomba.

Četiri su glavna razloga za umjeravanje mjerila:

1. uspostavljanje i prikaz sljedivosti
2. osiguranje da očitanja mjerila budu u skladu sa drugim mjerilima
3. određivanje točnosti očitavanja mjerila
4. utvrđivanje pouzdanosti mjerila

Mjerila trebaju jamčiti ispravne mjerne rezultate:

- u radnim uvjetima
- u cjelokupnom razdoblju upotrebe
- u granicama danih dopuštenih pogrešaka

Sljedivost je neprekinuti niz pravilno obavljenih i dokumentiranih usporedbi, počevši od trenutno izvođenih mjerenja pa u svakom sljedećem koraku sa etalonom veće točnosti, sve do nacionalnog etalona. Međunarodna sljedivost mora osigurati sljedivost nacionalnih etalona, u konačnosti do jedne od sedam osnovnih jedinica SI. Sljedivost omogućuje ostvarivanje mjernog jedinstva, tj. sposobnost ostvarivanja istih rezultata dobivenog mjerenja u više različitih laboratorija, unutar granica iskazane mjerne nesigurnosti [13].

Svaka jedinica ima svoju definiciju, realizaciju i pohranu. Realizacijom određene jedinice njena se vrijednost dodjeljuje uređajima koji pohranjuju jedinice. Etaloni su, dakle, mjerilo namijenjeno definiranju, ostvarivanju, pohranjivanju i obnavljanju mjerne jedinice radi

prenošenja usporedbom na druga mjerila (mjerku, mjerni uređaj, mjerni instrument ili mjerni sustav).

S obzirom na funkciju, namjenu i točnost etalone dijelimo na nekoliko razina [4],[13]:

Međunarodni etalon: etalon međunarodnim dogovorom prihvaćen kao temelj za određivanje vrijednosti svih drugih etalona neke fizikalne veličine.

Primarni etalon: etalon najviše mjeriteljske kakvoće u određenom području. Osobine se provjeravaju uspoređivanjem sa međunarodnim etalonom.

Državni ili nacionalni etalon: etalon prihvaćen službenom državnom odlukom za temelj određivanja vrijednosti svih drugih etalona neke fizikalne veličine u državi. Uobičajeno je da je nacionalni etalon - primarni etalon.

Sekundarni etalon: etalon određene veličine kome je vrijednost utvrđena usporedbom sa primarnim etalonom, a služi za utvrđivanje osobina radnih etalona.

Radni etalon: etalon čije su mjerne osobine utvrđene usporedbom sa sekundarnim etalonom. Obično se upotrebljava za umjeravanje ili provjeravanje mjera ili mjerila.

Osim navedene podjele postoje još :

Posrednički etalon: etalon koji se upotrebljava kao posrednik za usporedbu etalona.

Prijenosni etalon: etalon, često posebne konstrukcije, namijenjen za prijenos na razna mjesta.

Skupni etalon: skup sličnih tvarnih mjera ili mjerila koji upotrijebljeni zajedno tvore etalon koji se naziva skupnim etalonom.

Razlikujemo etalone napona, otpora, kapaciteta i induktiviteta.

U tehničkom području elektriciteta i magnetizma važni mjerni etaloni su za:

ISTOSMJERNE EL. VELIČINE: Kriogenički strujni komparatori, Josephsonov i Klitzingov kvantni Hallov pojavnik, Zenerove referentne diode, Potenciometarske metode.

IZMJENIČNE EL. VELIČINE: Pretvornici izmjeničnih veličina u istosmjerne veličine, Etalonski kondenzatori, Zračni kondenzatori, Etaloni induktivnosti, Kompenzatori i vatmetri.

VISOKOFREKVENCIJSKE EL.VELIČINE: Toplinski pretvornici, Kalorimetri, Bolometri.

VELIKE STRUJE I VISOKI NAPON: Strujni i naponski mjerni transformatori, Referentni izvori visokog napona [13].

3.2.1. Općenito o umjeravanju električnih brojila

Osječka baždarnica je jedna od najstarijih radionica u Elektroslavoniji. Prvi počeci baždarenja brojila električne energije vršeni su prije početka 2. svjetskog rata, sa skromnom opremom (AEG baždarski stol sa 5 priključnih mjesta) s nekoliko radnika i manjom količinom brojila budući da ni potrebe nisu bile veće. 1958. godine nabavljen je trofazni uređaj za ispitivanje električne energije Siemens i s 15-ak radnika u prostorijama stare elektrane započinje baždarenje brojila električne energije u značajnijim količinama. 1970-71. godine radionica se seli na današnju lokaciju unutar pogona na Zelenom polju. Nabavljaju se još jedan trofazni i dva Iskrina baždarska stola za ispitivanje i umjeravanje trofaznih i jednofaznih brojila široke potrošnje. U 80-im godinama baždarnica ostvaruje svoje najveće brojčane uspjehe s 35 radnika i izbaždarenih preko 45000 brojila i uklopnih satova godišnje. Na osnovu Zakona o mjeriteljskoj djelatnosti, Državni zavod za mjeriteljstvo (DZM) donosi rješenje, kojim se baždarnica imenuje u ovlašteno tijelo za pripremu mjerila, u kojemu se vrši priprema za ovjeru, koju kasnije provodi mjeritelj DZM-a. Umjeravaju se brojila električne energije razreda točnosti 0,2 S; 0,5 S; 0,5; 1; 2; i 3 , uklopni satovi i od 2005. postoji radionica za umjeravanje plinomjera G4 i G6. Baždarnica danas svoju djelatnost obnaša s 20-ak radnika, u prostoru 1.150 m². Servisiraju se, umjeravaju i ovjeravaju mjerila za područje DP "Elektroslavonije" Osijek, DP "Elektra" Vinkovci, DP "Elektra" Slavonski brod, DP "Elektra" Požega. Zadnjih par godina godišnji planovi se kreću od 20000 do oko 23000 komada brojila (od toga je oko 70% indukcijskih i oko 30% elektroničkih) i uklopnih satova od 1000 do 2000 komada godišnje. Kako iz godine u godinu raste udjel elektroničkih brojila, baždarnica početkom 2017. godine planira nabaviti novu liniju, pogodnu za baždarenje indukcijskih i elektroničkih brojila, principijelno nalik na postojeću o kojoj ćemo govoriti u opisu baždarenja statičkih brojila, ali sa tzv. "tunelskom" izvedbom.

3.2.2. Opis opreme i postupka umjeravanja indukcijskih brojila

U ovom dijelu ćemo opisati još uvijek aktivnu "staru" liniju i proces baždarenja indukcijskih, na primjeru trofaznih brojila djelatne energije r.t 2.

U osječkoj baždarnici postoje dvije linije za baždarenje indukcijskih brojila. Linija za baždarenje jednofaznih brojila, koja se sastoji od:

Statičkog stabilizatora napona, proizvođač Iskra, tip ND 385, godina proizvodnje 1994, napajanje 3×220/380 V, 50 Hz, cosφ 0.95, stabilnost 0.02%, snaga 3,5 kVA.

Jednofaznog baždarskog stola, proizvođač Iskra, tip ND 0013, godina proizvodnje 1969, napajanje 3×220/380 V, razred točnosti 0.4.

Etalonsko brojilo impulsa NNKŠ-01, proizvođač Iskra, godina proizvodnje 1999. Riječ je o uređaju koji automatski isključi mjerni stol nakon što napoji brojila koja se umjeravaju sa unaprijed određenim brojem impulsa. Prije nabavke NNKŠ-a brojila su se umjeravala metodom snaga-vrijeme, gdje bi preciznim vatmetrom namjestili i puštali snagu, a potom štopericom mjerili vrijeme potrebno za određeni broj okretaja rotora brojila.

Tri jednofazna pokretna stalka (regala) za montiranje i spajanje brojila namijenjenih baždarenju s ukupno 120 mjernih mjesta (40 po regalu), proizvođač Iskra, tip ND 0024.

Druga je linija za baždarenje trofaznih indukcijskih brojila a sastoji se od:

Statičkog stabilizatora napona, proizvođač Iskra, tip ND 385, godina proizvodnje 1989, napajanje 3×220/380 V, 50 Hz, cosφ 0.95, stabilnost 0.02, snaga 3.5 kVA.

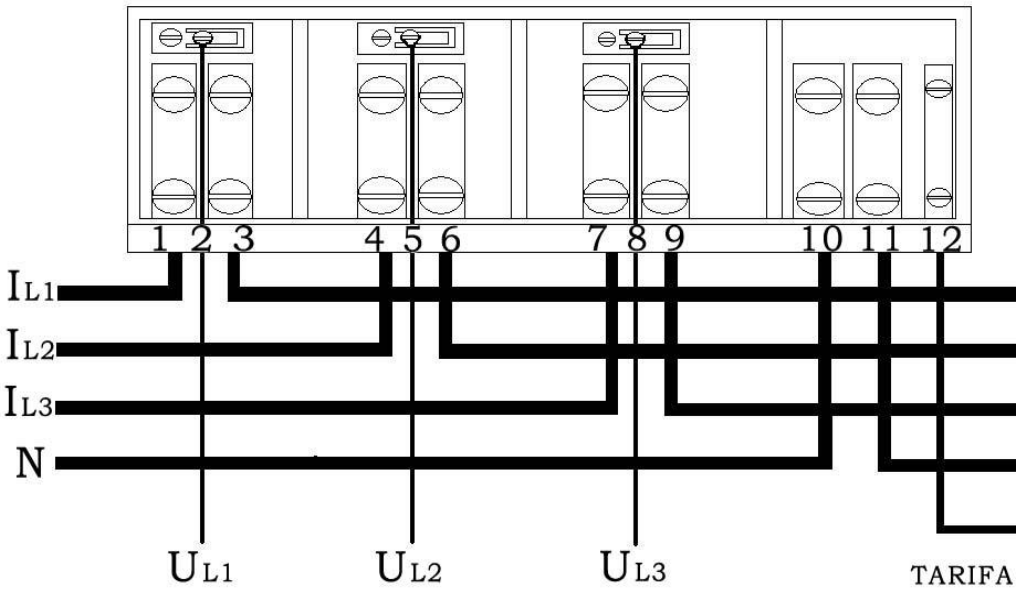
Trofaznog baždarskog stola, proizvođač Iskra, tip ND 0073, godina proizvodnje 1958, napajanje 3×220/380 V, razred točnosti 0,4.

Etalonsko brojilo impulsa NNKŠ-01, proizvođač Iskra, godina proizvodnje 1999.

Tri trofazna pokretna stalka (regala) za montiranje i spajanje brojila namijenjenih baždarenju, sa ukupno 66 mjernih mjesta (22 po regalu), proizvođač Iskra, tip ND 0024.

Nakon što se u baždarnicu dovezu električna brojila slijedi njihovo čišćenje (od prašine, boje, ostataka raznog građevinskog materijala i sl.). Nakon čišćenja brojila idu na pripremu. Priprema podrazumijeva uklanjanje svih tehničkih nedostataka, kao što su: provjera mehaničkog oštećenja kućišta (udubljeno ili kućište oštećeno korozijom, napuklo ili razbijeno staklo na prozorčiću, oštećena priključnica i sl.), podmazivanje kugličnih ležaja i zamjena neispravnih gornjih i(ili) donjih ležaja, pregled električne ispravnosti (provjera rada tarife priključenjem na mrežni napon, vizualni pregled stanja naponskog i strujnog svitka, rotora i sl.).

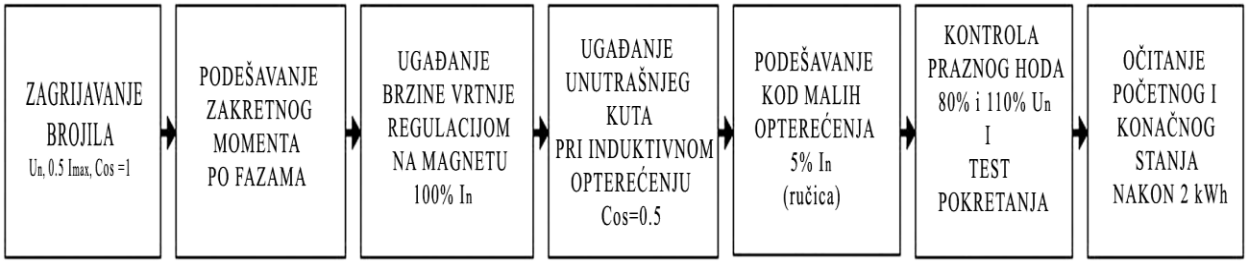
Brojila kojima je uočeno veće oštećenje (npr. neispravna tarifa ili spaljen naponski svitak) se servisiraju ili u krajnjem slučaju šalju u rashod. Brojila koja su prošla pripremu montiraju se na pokretne stalke i pristupa se njihovom električnom spajanju. Spajanje trofaznih brojila se provodi tako da se odvoji strujni krug od naponskog i time izvor napona biva opterećen malom strujom, potrebnom za naponske svitke brojila, dok je strujnom krugu za napajanje dovoljan niski napon za pokrivanje gubitaka u strujnim svitcima. Na ovaj način brojila se mogu ispitati uz minimalnu potrošnju energije.



Sl: 3.14. Shema spajanja brojila prije umjeravanja

Serijsko, strujno spajanje se, dakle, provodi na način (slika 3.14.), da strujne (deblje) vodiče spajamo na priključnicu brojila, prvo na dolazne (napojne) stezaljke sa brojem 1, 4, 7, a iz odlaznih stezaljki 3, 6, 9 vodiči idu dalje na susjedno brojilo i spajaju se na njegove dolazne stezaljke 1, 4, 7, a iz odlaznih stezaljki tog brojila 3, 6, 9 idu dalje na susjedno brojilo. Nul-vodiči se spajaju na stezaljke 10, 11. Redoslijed spojenih vodiča se ne smije zamijeniti.
Naponski vodiči se paralelno spajaju na vijak naponskog mostića, koji pri baždarenju mora biti otvoren (tj. razdvojen). Naponski mostići su pod brojem 2, 5, 8. Impuls za prebacivanje tarifa se priključuje na stezaljku pod brojem 12 (ovisno o izvedbi priključnice).
Na svakom pokretnom stalku brojila moraju biti iste nazivne struje (npr. 10-40 A ili 10-60 A). Gotovi regali se međusobno spajaju na mjerni stol, do maksimalno 3 regala u nizu.

Prije početka umjeravanja brojila moraju biti priključena na referentni napon i nazivnu struju do 1h. Pravilnikom o ispitivanju indukcijskih brojila el.energije dozvoljeno je brojila r.t. 2 opteretiti referentnim naponom U_n, strujom $0{,}5\,I_{\max}$ i cosφ=1, time skraćujemo potrebno vrijeme zagrijavanja na najmanje 20 min i to vrijeme se iskoristi za dodatni vizualni pregled brojila.



Sl: 3.15. Redoslijed postupka umjeravanja indukcijskih brojila

Prije opisa postupka umjeravanja, u ovom osvrtu je važno predstaviti tablicu s podacima za umjeravanje. Postoje tablice za jednofazna i trofazna brojila, određena su vrijednostima nazivnog napona, nazivne i maksimalne struje brojila koje želimo baždariti kao i podatkom stalnice brojila a ovisno od faze postupka u kojem se nalazimo, iz tablice možemo očitati brojeve impulsa koje je potrebno znati za pravilno korištenje etalonskog brojila impulsa (NNKŠ). Iz našeg primjera biramo tablicu sa sljedećim podacima:

Tab: 3.2. Podaci za umjeravanje:

NAPON (V)	STRUJA(A)	STALNICA okr./1kWh
3×220/380	10 - 40	120

I_n(A) (%)	STRUJA (A)	UKLJUČENA TIPKA fiz/	BROJ OKRETAJA	POMAK-1d POGREŠKA (%)	BROJ IMPULSA
100	10	10	2	2	909
100(cos0,5)	10	10	2	2	909
5	0,5	10	1	4	9.090
20	2	10	1	4	2.272
I_{max}	40	100	stanje 2 kWh	-	2.727

Prvo pristupamo podešavanju zakretnog momenta po fazama, regulacijom na naponskim svitcima (slika 3.15.). To provodimo tako da na NNKŠ-u ručno namjestimo brojčanik na broj 909, koji određuje broj impulsa. Izračunavanje broja impulsa za odabrani broj okreta rotora trofaznog brojila se inače može izračunati formulom;

$$N = \frac{1000 \times 3600 \times X}{3 \times U_r \times I \times C_Z} \times F_n \qquad (3\text{-}3)$$

gdje su: X - odabrani broj okretaja rotora brojila za vrijeme umjeravanja

U_r - nazivni fazni napon brojila (V)

I - opterećenje umjeravanih brojila (A)

C_Z - stalnica brojila (okr./1kWh)

W - el. energija odabrana za provjeru stanja brojčanika (kWh)

F_n - frekvencija etalonskog el. brojila određena odabirom tipki na NNKŠ-u

F_n - 1000 imp/s kada je pritisnuta tipka fiz/1

F_n - 100 imp/s kada je pritisnuta tipka fiz/10 (za umjeravanje 3F i 1F brojila)

F_n - 10 imp/s kada je pritisnuta tipka fiz/100 (za kontrolu stanja brojčanika kod $50\% I_n$ do $I_{\max}$)

F_n - 1 imp/s kada je pritisnuta tipka fiz/1000 (za kontrolu stanja brojčanika kod $5\% I_n$ do $50\% I_n$)

Nakon pritiska na tipke za uključenje napona i struje, na komandnoj ploči mjernog stola, na ampermetru poravnamo struje na 5 A, malim zakretnim točkom za regulaciju transformatora za namještanje struje, koji se nalazi unutar mjernog stola. Na isti način se na voltmetru regulira i napon na 120 V, regulirajući malim, zakretnim točkovima promjenjivi otpor za namještanje napona, namjestimo cosφ=1. Zakretanjem preklopke za fazu R puštati ćemo el. energiju te faze na spojene regale. Crvenu markicu na rotoru brojila postavimo na početni položaj, koji je određen referentnom crnom crticom,, nacrtanom na sredini otvora za rotor, na limenoj pločici brojila. Pritiskom na crveno dugme za pokretanje NNKŠ-a puštamo impulsima određenu količinu el. energije na R (L1) fazu. Nakon što rotor napravi 2 okreta, markica se mora zaustaviti što točnije početnoj poziciji. Tolerira se njen pomak ispred referentne crtice, u smjeru okretanja rotora (u plus područje) do duljine jedne markice (cca. 10 mm). Ako markica značajnije odstupa u – ili + područje, tada zakretanjem vijka na naponskom svitku u smjeru oznake + (ako markicu koja je u minusu želimo da se u idućem pokušaju više pomakne u plus) ili u – , reguliramo magnetski tok i samim tim utičemo na idući položaj markice nakon vrtnje rotora. Obično nakon 3-4 pokušaja postignemo zadovoljavajuće ugađanje i isti postupak ponovimo za ostale dvije faze. Sljedeće je ugađanje brzine vrtnje regulacijom na magnetu, pri $100\% I_n$, (slika 3.15). Uključujemo sve tri preklopke za faze, na sva tri voltmetra izjednačimo 120 V, a na NNKŠ-u ostaje isti broj impulsa. Markice na rotoru brojila stavljamo na početni položaj i pritiskom na crveno dugme NNKŠ-a započinje vrtnja rotora koja traje 2 kruga. Po završetku vrtnje, markice se trebaju zaustaviti u + područje ½ duljine (cca. 5 mm) za brojila 10-40 A, a 1/3 duljine (cca. 3mm) za brojila 10-60 A. Svako odstupanje korigiramo zakretanjem vijka na magnetu (slika.

3.3.) u smjeru strelice u + ili – sve dok, nakon par pokušaja, ne postignemo zadovoljavajući pomak.

Sljedeće je ugađanje unutrašnjeg kuta pri induktivnom opterećenju cosφ=0,5. Uključimo napon i struju na komandnoj ploči mjernog stola i zakretnim točkom spustimo napon na 60 V, zatim isključimo napon i struju. Postavimo markice brojila na početni položaj i pokrenemo NNKŠ. Regulacija se vrši pomicanjem klizača po otpornoj petlji, u + smjeru ako se markica rotora zaustavila u – području od referentne crte i obratno. Tolerira se 1/3 duljine markice u + području.

Sljedeće je podešavanje kod malih opterećenja. Brojila su priključena na referentni napon i opterećena sa 5% I_O (u našem slučaju 0,5 A, podešeno na velikim točkovima za odabir strujnih područja), i na NNKŠ-u namjestimo broj 9.090 impulsa. Uključimo napon i struju na komandnoj ploči mjernog stola, regulacijskim točkom namjestimo cosφ=1, zatim isključimo napon i struju. Markice stavljamo ponovo na početni položaj i pokrećemo NNKŠ. Nakon jednog okretaja rotora, regulaciju vršimo malim pomicanjem ručice na dnu naponskog svitka, prema slici.3.6. Markica rotora mora točno završavati na početnom položaju, ili će pri očitanju stanja i kontroli brojilo pokazivati nedozvoljeno veliku pogrešku.

Sljedeća je kontrola praznog hoda, tj. provjera pomicanja markice, kada je brojilo bez opterećenja priključeno na 80% i 110% referentnog napona U_n (podnapon i prenapon). Markica rotora se postavi na sredinu u odnosu na referentnu crticu na limenoj pločici. Nakon 30 minuta, ukoliko se pomaknula na bilo koju stranu za jednu svoju dužinu, dodatno spuštamo listić prema kukici na osovini rotora (slika 3.5.), i time dobivamo manju pokretljivost rotora dok je u praznom hodu.

Sljedeće je test pokretanja tj. zaleta. Struja se podesi na iznos 0.1 A (na velikim točkovima za izbor strujnih područja), napon na 60 V i vizualno se provjeri dali su sve markice lagano, bez ikakvih potresa i smetnji otišle izvan vidnog polja.

Na kraju se još vrši puštanje stanja i očitanje početnog i konačnog stanja, na obje tarife. Prije svega pišemo početna stanja na brojilima, u zato predviđenu knjigu (uz ostale podatke, tip, nazivni napon, struja, br. okretaja, grad iz čijeg pogona brojilo dolazi i sl.)

Nakon toga zakrenemo velike strujne točkove na 40 A. Grebenaste preklopke za mjerna područja okrećemo na poziciju 4, pritiskom na tipke palimo napajanje komandne ploče, uključujući napon i struju. Reguliramo napone na voltmetrima preko malih regulacijskih točkova (120V), cosφ =1, isključujemo napon i struju, na NNKŠ –u stisnemo tipku fiz 1/100 i namještamo broj impulsa na 2.727 zatim pritiskom na crveno dugme pokrećemo puštanje 2 kWh električne energije na brojila. Po završetku očitamo konačna stanja i postupak ponovimo za drugu tarifu.

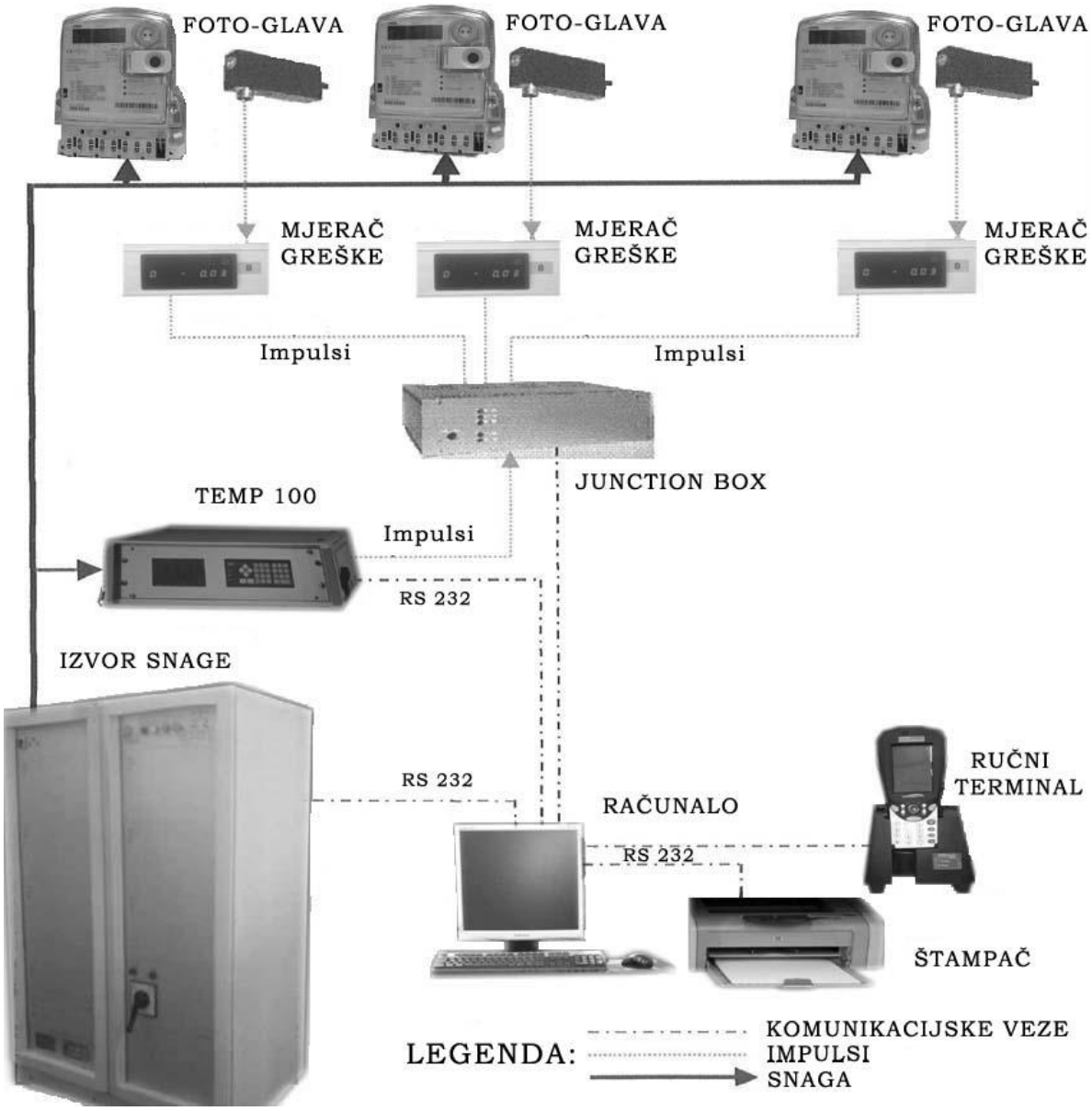
Nakon toga brojila se poklapaju, plombiraju i odlažu u stranu, a podaci o umjerenim brojilima se upisuju u softver DZM-a i šalju kao zahtjev za kontrolu. Kontrolor, mjeritelj iz DZM-a, po sistemu grupe nasumično odabire neki od gotovih regala i pristupa kontroli. Ako su sva brojila bila u dozvoljenim granicama točnosti, kontrolor dozvoljava stavljanje (utiskivanje) žiga na plombe. Nakon toga brojila idu u lakirnicu, zatim u skladište gdje će biti upisana u izdatnicu, posložena u palete i kutije, te potpuno spremna čekati otpremu.

3.2.3. Opis opreme i postupak umjeravanja elektroničkih brojila

Da bismo razumjeli proces umjeravanja elektroničkih brojila na način kako se to obavlja u HEP-u, odjelu baždarnice u Osijeku, moramo se prvo upoznati sa svim uređajima koji čine kontrolno baždarni sustav, prema slici 3.16.

Sustav za ispitivanje je sastavljen od sljedećih elemenata:

- Elektronskog izvora snage EPS 80-3 sa ugrađenim etalonskim brojilom za baždarenje TEMP-100
- Baždarskog stola ND 0073 sa dograđenim etalonskim brojilom TEMP-100
- Preklopnog modula, koji je ugrađen u EPS 80-3
- Fiksnog stalka ND 625
- Fiksnog stalka ND 635
- 2 osobna računala (PC) sa odgovarajućim softverom
- Ručni terminal sa softverom



Sl. 3.16. Načelo rada sustava za umjeravanje

Elektronički izvor snage EPS 80-3

Elektronički izvor snage EPS 80-3 je statički, kompjutersko upravljan elektronički uređaj za podešavanje različitih izmjeničnih napona i struja. Njegova izlazna snaga je dovoljna za napajanje do 80 trofaznih i jednofaznih brojila električne energije. Kućište izvora snage je dvostruki metalni ormar, od kojih je svaki dimenzije $1200 \times 1750 \times 800$ mm (š × v × d), mase oko 600 kg. Priključenje uređaja na mrežu se izvodi na zadnjoj strani uređaja, iz kanala u podu ili sa vrha. Na krajevima priključnih kabela nalaze se konektori za priključenje naponskog i strujnog kruga prijevoznog stalka za ispitivanje el. brojila (tunelska izvedba stalka) ili je izveden fiksni priključak za fiksne stalke.

Za priključenje uređaja potreban je trofazni mrežni napon $3\times 230/400$ V, frekvencije 50 ili 60 Hz. Potrebna snaga izvora je približno 3×6 kVA. Sistem mreže treba biti TN-S. Potrebni osigurači su $3\times$ 25 A. Priključni kabel je bakreni (Cu) $5\times 4\ \text{mm}^2$.

Elektronički izvor komunicira sa osobnim računalom, preko serijske veze RS 232.

Uređaj EPS 80-3 je u osnovi sastavljen od sedam jedinica:

1. Naponski dio je sastavljen od tri naponska pojačala u obliku modula (AMP U1 do AMP U3).
2. Strujni dio je sastavljen od tri strujna pojačala u obliku modula (AMP I1 do AMP I3), kojima pripadaju tri veća izlazna transformatora. Transformatori su zbog njihove veličine smješteni izvan modula na dnu ormara.
3. Upravljački dio združuje sve upravljačke funkcije: Uključni modul realizira: uključenje, isključenje, isključenje u nuždi, kontrolu priključenja stalaka, kontrolu izolacije, podešavanje tarifnih napona, signalizaciju, potvrđivanje grešaka, komunikaciju između modula itd. Njemu pripada i osobno računalo PC, koje uglavnom vrši sva upravljanja.
4. Etalonsko brojilo TEMP-100 služi kao usporedni precizni mjerač el. energije.
5. Nastavljač značke rotora omogućava podešavanje značke u prednji položaj kod pokrivenih indukcijskih brojila.
6. Preklopni modul omogućava preklope za dva načina rada sa sustavom s elektroničkim izvorom i klasičnim baždarskim stolom (u jednoj poziciji su dva stalka priključena na elektronički izvor, a u drugoj jedan stalak radi sa elektroničkim izvorom a drugi sa baždarskim stolom).
7. Dva Junction Box-a koja su dio mjernog sustava napajanja, i povezuju mjerače greške sa osobnim računalom, i uključuje tarifni napon. Jedan je za sustav sa elektroničkim izvorom (taj je u funkciji kad radimo sa elektroničkim izvorom), a drugi je u izvor ugrađen ali je uključen u sustav sa baždarskim stolom.

Naponski pokazivači su sastavni naponski dio izvora napajanja. Oni generiraju željeni napon u naponskom području uređaja i to:

- sinusni izmjenični napon od 30 V do 480 V i
- imaju ugrađena 4 interna naponska područja od 60, 120, 240 i 480 V.

Ovi naponski izlazi služe za napajanje naponskih stezaljki ispitivanih jednofaznih ili trofaznih brojila el. energije.

Strujni pokazivači su sastavni strujni dio izvora napajanja. Oni generiraju željene struje u području uređaja i to:

- sinusnu izmjeničnu struju od 1 mA do 120 A
- imaju ugrađenih do 5 internih strujnih područja od 0,01 A, 0,1 A, 1 A, 10 A, 100 A.

Strujom se napajaju strujni sustavi ispitivanih jednofaznih ili trofaznih el. brojila.

Upravljački dio osigurava pravilno djelovanje elektroničkog izvora. Glavni sastavni dijelovi su PC i uključni modul. PC šalje naredbe modulima i prati njihovo izvođenje. PC mora biti opremljen odgovarajućim softverom CATS (Computer Aided Testing System) koji je sposoban za upravljanje i kontroliranje rada cijelog sustava za ispitivanje brojila.

TEMP-100 služi kao etalon za mjerenje električne energije pri umjeravanju brojila. Točnost etalona je +/- 0,05 %, proizvođač je ISKRAEMECO.
TEMP-100 je uključen u mjerni strujni krug ispitivanih brojila el. energije, bez uporabe naponskih i strujnih mjernih transformatora, iz razloga što bi mjerni transformatori unosili greške i ako su vodiči za napajanje odgovarajućih dimenzija, onda je greška sustava praktično jednaka greški TEMP-a.
TEMP-100 je sa PC-om spojen preko serijske komunikacije RS 232 koji sa CATS softverom osigurava automatsko upravljanje, prema slici 3.16.
Etalonsko brojilo je trajno priključeno na napon, zbog stabilizacije radne temperature.

Nastavljač značke rotora je namijenjen pozicioniranju značke rotora u prednji položaj, kod ispitivanja indukcijskih brojila, kad su ta pokrivena poklopcem. Upotrebljava se kod mjerenja zaleta brojila ili praznog hoda, gdje ocjenjujemo male pomake značke.

Preklopni modul je namijenjen za jednostavno preklapanje napajanja dvaju stabilnih stalaka, spojena s dva izvora električne energije. Upotrebljava se pri postupku baždarenja ili provjere pogreške el. brojila. Modul omogućava jednostavno preklapanje napojnih napona i struja, napona za prebacivanje tarifnih releja brojila, signalizacije prisutnosti napona na stalcima i komunikacije između osobnih računala i stalaka. Tako mogu elektronički izvor električne snage (EPS) i uređaj za baždarenje ND073 napajati svaka svoj stalak ili EPS napaja oba stalka istovremeno. Uređaj za baždarenje ima za to vrijeme svoju autonomiju djelovanja i može se uporabiti za druge namjene.

Junction box, kako mu ime sugerira, je svojevrsno čvorište, i namijenjeno je za povezivanje dijelova kompjuterskog mjernog sustava Iskramatic CATS.
Junction box obavlja sljedeće funkcije:

- komunikacija sa osobnim računalom (PC) preko serijskog porta (RS-232),
- komunikacija (prijenos komunikacije od PC-a do mjerača greške) sa do 80 mjerača greške,
- prenosi i pojačava referentni signal iz etalona (impulsi),
- preklapa tarifne napone i ostala pomoćna preklapanja,
- isključuje izvor snage kod registracije,
- generira testne signale ta rad u testnom načinu,
- napaja mjerače greške, fotoglave i davače impulsa brojila jednosmjernim naponom +24 V,
- napaja ostale vanjske jedinice jednosmjernim naponom

Kako je zadatak Junction boxa povezivanje signala između PC-a i mjerača greške (slika 3.18.), nema nikakvih utjecaja na mjerne rezultate. Brzina komunikacije RS-232 je 9600 ili 19200 bit/s

Fiksni stalak ND 625 (ND 635) namijenjen je baždarenju i kontroliranju elektroničkih i indukcijskih brojila. Stalak ima 20 mjernih mjesta (sa svake strane po 10) s mjeračima greške i fotoglavama na svakom od njih. Izrađen je od aluminijskog profila. Fiksni stalak ima gornju granu kanala opremljenu sa mjeračima greške i okvirom za pomicanje fotoglava (lijevo, desno). Svaka fotoglava zasebno ima mogućnost pomicanja u lijevo i u desno oko vertikalne osi i gore, dolje. Za odabir rada sa brojilima sa rotorom ili LED diodom koristi se preklopnik na fotoglavi. Pored preklopnika na fotoglavi nalazi se LED dioda, koja signalizira odabrano stanje (čitanje okretaja rotora ili LED impulsa stalnice elektroničkog brojila). Ugrađene „bananske“ utičnice pored mjerača greške služe za kontrolu davača impulsa. Svi crni ulazi (GND) su vezani paralelno, dok na žute dovedemo signal iz brojila.
Na osnovnom su kosturu stalka pričvršćeni uzdužni, zatvoreni kanali u kojima je izvedeno ožičenje stalka. Kanali služe i za pričvršćivanje elemenata za mehaničko pričvršćivanje i električno priključenje baždarenih, odnosno ispitivanih brojila (samo napon). Na lijevoj i desnoj strani stalka nalaze se strujne stezaljke, za strujno priključenje brojila, koje ćemo međusobno dalje spajati priloženim kabelima. Na lijevom i desnom kanalu nalaze se i STOP gljivaste, crvene, blokirne tipke za isključenje u nuždi.

Stalak ima pet električnih krugova:

1. naponski – za baždarenje brojila sa rastavljenim naponskim mostovima između naponske (U) i strujne grane (I) mjernog sustava,
2. krug za napajanje tarifnih releja, kada baždarimo brojila sa rastavljenim naponskim mostovima,
3. naponski – za baždarenje brojila sa sklopljenim mostom između naponske (U) i strujne (I) grane mjernog sustava,
4. krug za napajanje tarifnih releja, kada baždarimo brojila sa sklopljenim naponskim mostovima,
5. strujni krug.

Ispod police stalka ugrađen je izolacijski transformator i transformator s osiguračima za napajanje tarifnih releja. Kao signali upozorenja na vrhu stalka se nalaze svjetla. Narančasto svjetlo upozorava na priključeni napon, a prozirno svjetlo na spremnost stalka za baždarenje (ispitivanje) brojila sa sklopljenim naponskim mostovima.
Stalak se fiksno priključuje na izvor napajanja.

Mjerač greške služi za brojanje impulsa iz etalona za vrijeme određenog broja impulsa iz fotoglave ili davača impulsa iz brojila (slika 3.16.). Na zahtjev iz PC-a, mjerač greške pošalje status ili rezultate PC-u, te pokazuje grešku mjernog brojila ili status na svom pokazivaču po naredbama iz PC-a.
Smješten u gornjem kanalu fiksnog stalka, mjerač greške je ugrađen u plastično kućište. Na prednjoj strani nalazi se 5+1 sedam segmentnih LED displeja, LED dioda za dodatni status i tipka za RESET. Na stražnjoj strani nalaze se priključci i DIP prekidač, pomoću kojeg odredimo adresu mjerača greške.

Fotoglava je namijenjena očitavanju okretaja rotora indukcijskog brojila ili očitavanju impulsa stalnice (LED dioda) elektroničkih brojila električne energije.
Kućište kvadratnog oblika izrađeno je od aluminija. Na prednjoj strani glave nalaze se dva senzora, jedan za očitavanje rotora indukcijskog brojila i drugi senzor za očitavanje LED dioda za indikaciju impulsa.

Ručni terminal koji se, u procesu baždarenja, koristi je marke PSION tipa Workabout PRO. Ručni terminal omogućava unošenje tvorničkih, vlasničkih i operativnih brojeva ispitivanih brojila, te početnih i konačnih stanja brojčanika kod kontrole brojčanika. Sastoji se od dva

elementa: terminala i postolja u koji se ulaže (kolijevka). Postolje osim što puni akumulator terminala služi i za komunikaciju između terminala i PC-a. Terminal ima ugrađen čitač bar koda.

Osobno računalo (PC) i softver C.A.T.S. Za upravljanje i kontrolu cijelog sustava koristimo računalo sa pisačem i programskom podrškom. Osim za upravljanje i potpunu kontrolu funkcioniranja sustava za ispitivanje, računalo služi i za čuvanje unesenih podataka, izračunavanje greške, ispisivanje protokola itd. Računalo je opremljeno s 4 serijskih vrata za komunikaciju sa elektronskim izvorom snage, za komunikaciju sa Junction box-om i etalonskim brojilom TEMP – 100 za baždarenje. Računalo koristi Windows OS i posjeduje programski paket C.A.T.S. (Computer Aided Testing System) o njemu više, u Prilogu 2 i program „Ručno podešavanje“. Potpuno ispitivanje brojila je omogućeno CATS programskim paketom, dok program „Ručno podešavanje“ služi za ručno podešavanje elektroničkog izvora snage EPS 80-3 i etalonskog brojila TEMP-100, ali ne omogućava mjerenje greške brojila.

Načelo rada sustava za umjeravanje elektroničkih brojila:
Primjenom načela uspoređivanja, uspoređuje se podatak izmjerene energije, kojeg je izmjerio mjerni etalon TEMP - 100 i podatak izmjerene energije svakog od ispitivanih brojila. Baždarena brojila i mjerni etalon se napajaju energijom iz izvora za napajanje EPS 80-3.

1. EPS 80-3 2. TEMP-100 3. MJERAČ GREŠAKA







4. JUNCTION BOX 5. FOTO-GLAVA 6. C.A.T.S SOFTVER







Sl. 3.17. Ključni dijelovi sustava za umjeravanje

Mjerni etalon, u obliku impulsa, daje podatak o potrošenoj energiji i preko Junction box-a ga šalje u mjerače grešaka. Fotoglave očitavaju potrošnju ispitivanih brojila, preko obrtaja rotora

indukcijskih, odnosno treptaja LED impulsa sa elektroničkih brojila i pretvaraju ih u električne impulse. te ih šalju u mjerače greške (slika.3.17.).
Program CATS izvodi računanje greške i nakon toga izračunate podatke šalje, preko Junction box-a, na displej mjerača greške svakog pojedinačnog brojila.
Junction box je svojevrsno čvorište kroz koje prolaze impulsi iz PC-a, etalonskog brojila TEMP – 100, te mjerača greške.
Softver CATS je osnovni element koji kontrolira tj. usmjerava pojedine aktivnosti koje sustav izvodi.

Sad kad smo upoznali dijelove od kojih se sastoji sustav za baždarenje i kontrolu brojila, slijedi opis cijelog postupka umjeravanja u praktičnom primjeru. Odabrani primjer bit će jedan od kompleksnijih, jer će prikazati umjeravanje tri različite vrste trofaznih elektroničkih brojila.
Umjeravat će se brojilo proizvođača RIZ tip EBT95, čisto djelatne energije, razreda točnosti 2, druga vrsta je brojilo proizvođača RIZ tip EBT308, djelatne energije razreda točnosti 2, i jalove energije razreda točnosti 3, i treća vrsta je brojilo proizvođača ISKRA tip MT30 H5, djelatne energije razreda točnosti 2, i jalove energije razreda točnosti 3.
U ovakvom i sličnim slučajevima kada pristupamo odabiru brojila koje ćemo montirati na fiksni ispitni stalak, važno je obratiti pozornost na nekoliko stvari:

1. da odabrana brojila daju jednak broj impulsa po kWh i kVArh (u ovom slučaju je 1000 imp/kWh i 1000 imp/kVArh),
2. da im maksimalne struje opterećenja budu jednake (u ovom slučaju 10-60 A),
3. da im razredi točnosti za djelatnu i jalovu energiju budu istovjetni (u ovom slučaju djelatna r.t. 2, jalova r.t 3).
4. da su im nazivni naponi jednaki (u ovom slučaju 3×230/400 V)

Po navedenim kriterijima odabrana tri tipa trofaznih brojila montiramo na fiksni stalak i pristupamo međusobnom spajanju napojnim strujnim i naponskim vodičima na način opisan u dijelu teksta koji govori o načinu spajanja indukcijskih brojila.
Ako imamo slučaj da smo od dva fiksna stalka, sa ukupno 40 mjernih mjesta (20+20), a koji se napaja iz jednog izvora snage, odlučili koristiti jedan stalak sa 20 mjernih mjesta, prije uključenja EPS-80 izvora snage zakrenut ćemo ručicu na preklopnom modulu, smještenom na donjem djelu i time odabrati zasebno napajanje svakog od ta dva stalka (opcija 20-20). Nakon toga pristupamo uključenju izvora. EPS-80 izvor ima dvostupanjsko uključenje. Prvo se uključuje zakretanjem glavne sklopke u desnu stranu, tim uključenjem napajanje dobiva etalonsko brojilo TEMP-100, PC i mjerni sustav. Drugi stupanj uključenja ostvarujemo

pritiskom na tipkalo “uključenje“ pri čijem se pritisku pali signalna lampica u samoj tipki. Ovime se omogućavaju uključenja izlaza pojačivača za napone i struje, tako je uređaj spreman za rad po naredbama PC-a.

Na PC-u softver CATS pokrećemo kao i svaku drugu aplikaciju Windows operativnog sustava. Odabiremo opciju “Ručno ugađanje EPS“ (klikom na ikonu sa znakom satelitske antene) gdje namještamo izvor na 230 V, 0 A, 50 Hz. Ovime spojena brojila priključujemo na referentni napon u trajanju od najmanje 1 h, da bi se brojila “zagrijala“ , tj. da bi se uzeo u obzir utjecaj vlastitog zagrijavanja. Dok se priključena brojila zagrijavaju, mi se možemo posvetiti parametriranju brojila.

Parametriranje brojila se izvodi na sljedeći način. Brojila koja imaju optičko sučelje se parametriraju preko prijenosnog računala (dlanovnik marke HP), sonde i pripadajućeg programa (Iskra meter comm) koji, nakon što magnetski spojimo sondu sa brojilom i u programu odaberemo opciju “Parametriranje“, automatski podesi tekuće vrijeme, vrijeme prebacivanja tarifa (samo dvije), datum i limit mjerene snage po tarifama.

Brojilima koja nemaju optičko sučelje parametriranje se izvodi preko tipaka. U ovom slučaju, RIZ-ovom brojilu EBT 95 tekuće vrijeme, vrijeme prebacivanja tarifa, limit mjerene snage se namješta preko 3 tipke na prednjem poklopcu brojila. Gumene tipke sa znakom trokuta, sa znakom kružne strelice i tipke sa znakom sata koja se nalazi ispod poklopca predviđenog za plombiranje, jer tipka služi za omogućavanje, tj. uključenje opcije izmjene vremena, datuma i snage. RIZ-ovo brojilo tipa EBT308 ima dvije tipke za namještanje parametara. Gornju tipku sa znakom trokuta, donju sa znakom kružne strelice. Ispod poklopca kod priključnice nalazi se treća okrugla tipka koja služi za detektiranje skidanja poklopca priključnice, a nju ćemo kasnije koristiti pri očitavanju stanja.

Poslije obavljenog parametriranja, i nakon što su brojila bila priključena na napon najmanje 1 h, pristupamo izvedbi mjerenja koristeći softver.

Softver CATS koji se koristi slovenskog je proizvođača Iskrameco i dolazi u paketu s cijelom linijom za baždarenje i kontrolu. Većina postavki je od prije namještena, tako da je samo dio njih pri redovnom, svakodnevnom baždarenju potrebno mijenjati i odabirati.

Nakon što smo odabrali brojila koja ćemo baždariti po kriteriju broja impulsa stalnice za djelatnu i jalovu energiju, po nazivnoj struji, naponu i razredu točnosti, nakon što smo obavili montiranje, spajanje na struju i napon, te nakon obavljenog parametriranja dok su brojila bila puštena pod napon radi zagrijavanja od najmanje 1 sat, vrijeme je da započnemo mjerenje.

Redoslijed izvođenja mjernog protokola uvjetovan je redoslijedom, kojeg smo odabrali u softveru u prozoru pod nazivom "Lista" (Spisak).

Mjerenje započinje izborom, iz padajućeg menija, naredbe "Mjerenje" i u njemu jedini dozvoljeni izbor "Start". Tada nam se otvara prozor "Inicijalizacija mjerenja" u kojem određujemo:

1. Broj mjernih mjesta (u našem slučaju 20).
2. Odabiremo mjerni protokol na način da s prethodno ponuđenog popisa odaberemo tip brojila koje je prvo, sa strane izvora, montirano na fiksni stalak (u našem slučaju od ponuđenog biramo "Statička radna r.t.2 – IZRAVNA EBT95"). Oznake ostalih tipova ćemo kasnije unijeti i bit će vidljivi).

Odabir potvrđujemo klikom na tipku "U redu". Sva priključena brojila ćemo prvo odraditi kao djelatna.

Ponovnim izborom menija "Mjerenje" nam se omogućava izbor dodatnih naredbi. Odabiremo naredbu "Priprema mjerenja", jer sljedeći korak nam je testiranje fotoglava. Fotoglave, montirane na pomičnu šinu fiksnog stalka, navučemo i ručno namjestimo da senzorom za impuls budu do 5 cm udaljene od LED davača impulsa elektroničkog brojila. Obično se fotoglave podešavaju pri maksimalnom opterećenju, tj. pri većim opterećenjima. Testira se najčešće u "kontinuiranom" načinu rada, a to znači da ručno proces zaustavljamo tek kada podesimo sve glave. Prikaz pravilne namještenosti fotoglava se može vidjeti u prozoru "Mjerenje" na svojevrsnim "semaforima" na kojima se može, osim tijeka mjerenja, vidjeti i rezultati pojedinih brojila. Provođenje cijelog postupka baždarenja pratimo na prozoru "Mjerenje" koji je aktivan cijelo vrijeme mjerenja, a na njemu vidimo, ime mjernog postupka, ime mjerne točke u izvođenju i njeni rezultati, podaci mjerne točke (opterećenje, I_n%, faza, smjer, cosφ, tip opterećenja, tarifa...), gornja i donja granica mjerne točke, i druge za mjerenje važne informacije.

Mjerenje započinjemo klikom na dugme "Aktivacija mjerne točke". U toku prvih par minuta brojila koja ne zadovoljavaju kriterije ispadaju (vidljivo na semaforima). Na ekranu se, u dijaloškom okviru pojavljuje natpis "Unesi početna stanja u ručni terminal" tada koristeći ručni terminal unosimo početna stanja za obje tarife, imajući na umu da preskočimo brojila koja su zbog netočnosti ispala u prvim točkama mjerenja. Možemo upisati tip i tvornički broj brojila, i tada ručni očitač metnemo na postolje, s kojeg podaci bivaju prebačeni u računalo. Nakon završetka jedne mjerne točke program automatski ide na sljedeću. Kad dođe do zadnje točke mjerenja, proces se završava. Tada se ponovo unesu završna stanja u ručni terminal, također obrativši pozornost da preskočimo netočna brojila, koja su naknadno ispala.

Nakon mjerenja započinjemo "Zaključak mjerenja" odabirom istoimene opcije iz menija. U jednoj od četiri ponuđene kartice (tab-a) pod nazivom "Osnovni podaci" imamo dva pravokutna prozora. Iz desnog, pod nazivom "Mjerna točka" ponuđeni spisak mjernih točki označimo mišem i klikom na tipku "Karakteristike" dobijemo novi prozor sa spiskom 39 skraćenica raznih opcija i karakteristika mjernih točaka od kojih ćemo mi, stavljajući kvačice u kvadratiće, odabrati tražene karakteristike i izlistati rezultate.

Odabiremo: ZSM-broj mjerne točke, OPT (%) - opterećenje u postotcima nazivne struje, FS(cosφ) – faktor snage, FAZE – faze napajanja, TIP OPT. – tip opterećenja, TARIFA- tarifa, OKR- LED – broj impulsa fotoćelije, koje mjeri mjerač grešaka, DG (%) – donja granica točnosti, GG (%) – gornja granica točnosti, PRAVAC – smjer okretnog polja napajanja (Lijevo, Desno), P1T,P2T – početno stanje prve i druge tarife, K1T,K2T – završno (konačno) stanje prve i druge tarife.

Odaberemo opciju printanja i OK.

Tab: 3.3. Tablica karakteristika svih mjernih točaka za trofazna brojila djelatne energije

ZSM(Br:Mt)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OPT (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	20	20
FS	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1
FAZE	R0	S0	T0	RST0	R0	S0	T0	RST0	RST0	R0
TIP-OPT					L	L	L	L	L	
TARIFA										
OKR-LED	10	10	10	50	10	10	10	20	10	10
DG (%)	-3	-3	-3	-2	-3	-3	-3	-2	-2	-3
GG (%)	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3
PRAVAC	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

ZSM(Br:Mt)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
OPT(%)	20	20	20	5	1000	1000	0	0.5	1000	1000
FS	1	1	1	1	1	0.5	1	1	1	1
FAZE	S0	T0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0
TIP-OPT						L				
TARIFA						1			1	2
OKR-LED	10	10	10	5	100	50	0	1	2000	2000
DG (%)	-3	-3	-2	-2.5	-2	-2	0	0	-2	-2
GG (%)	3	3	2	2.5	2	2	0	0	2	2
PRAVAC	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

Sad slijedi ispitivanje jalove energije.

Prozor "Mjerenje" zatim opcija "Pokreni mjerenje". Desnim klikom miša odaberemo "Definicija tipova brojila" . Ako je brojilo r.t 2 za djelatnu i r.t 3 za jalovu energiju u programu odabiremo na popisu "Statička jalova r.t 3 – IZRAVNA 10-60 A". Uklonimo kvačice koja označuju brojila

koja nećemo mjeriti, a to su brojila koja mjere samo djelatnu energiju. Odaberemo (zaplavimo) mišem brojila koja ćemo koristiti, u rubrici "Podaci brojila" odabrati taj definirani tip i pokrenuti mjerenje klikom na tipku "Aktivacija mjerne točke". Daljnji proces je identičan procesu umjeravanja, s tim da ovaj put očitavamo stanja jalove energije pri upisu u ručni terminal.

Tab: 3.4. Tablica karakteristika svih mjernih točaka za trofazna brojila jalove energije

ZSM(Br:Mt)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OPT.(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	20
FS	1	0.5	0.25	1	1	1	0.5	0.5	0.5	1
FAZE	RST0	RST0	RST0	R0	S0	T0	R0	S0	T0	RST0
TIP-OPT.	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
TARIFA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OKR-LED	100	100	50	50	50	50	50	50	50	20
DG (%)	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-3
GG (%)	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3
PRAVAC	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

ZSM(Br:Mt)	11	12	13	14	15	16	17
OPT (%)	20	10	5	1000	0	0.5	1000
FS	0.5	0.5	1	1	1	1	1
FAZE	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0
TIP-OPT	L	L	L	L			
TARIFA	1	1	1	1			1
OKR-LED	20	20	10	200	0	1	2000
DG (%)	-3	-4	-4	-3	0	0	-2
GG (%)	3	4	4	3	0	0	2
PRAVAC	D	D	D	D	D	D	D

Napravljeno i isprintano izvješće pridodajemo prije isprintanom izvješću za radnu energiju. Izvješća se daju na uvid mjeritelju iz Državnog zavoda za mjeriteljstvo. Mjeritelj iz DZM-a, grupno ili po sistemu uzorka, odabire brojila i pristupa kontroli. Ako su sva brojila bila u dozvoljenim granicama točnosti, kontrolor dozvoljava stavljanje (utiskivanje) žiga na olovne plombe. Nakon toga brojila idu u skladište, gdje će biti upisana u izdatnicu, posložena u palete i kutije, i potpuno spremna čekati otpremu.

3.3. Zakonska regulativa vezana za umjeravanje brojila električne energije

Na temelju obvezujućih članaka Zakona o mjeriteljstvu (N.N. broj 163/03) doneseno je nekoliko pravilnika, naputaka i naredba čije se odredbe odnose na poslove servisiranja, umjeravanja (baždarenja), i ovjeravanja mjerila električnih veličina.

Pravilnici su:

- Pravilnik o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koja se odnose na mjerila.
- Pravilnik o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima za ovlašćivanje servisa za pripremu brojila električne energije za ovjeravanje.
- Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za indukcijska brojila električne energije.
- Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za statička brojila djelatne električne energije razreda točnosti 0,2S i 0,5S.
- Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za statička brojila djelatne električne energije razreda točnosti 1 i 2.
- Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za statička brojila jalove električne energije razreda točnosti 2 i 3.
- Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za mjerila vremena za periodičko registriranje srednje vrijednosti vršne električne snage.

Naputci su:

- Naputak o ispitivanju indukcijskih brojila električne energije.
- Naputak o ispitivanju statičkih brojila djelatne električne energije razreda točnosti 0,2S i 0,5S.
- Naputak o ispitivanju statičkih brojila djelatne električne energije razreda točnosti 1 i 2.
- Naputak o ispitivanju statičkih brojila jalove električne energije razreda točnosti 2 i 3.
- Naputak za rad ovlaštenog mjeritelja kod ovjeravanja mjerila.

Naredba:

- Naredba o ovjernim razdobljima za pojedina zakonita mjerila i o načinu njihove primjene i o mjernim razdobljima za etalone, koji se upotrebljavaju za ovjeravanje zakonitih mjerila.

3.3.1. Osnovni zahtjevi za laboratorij i opremu

Osnovni zahtjevi za baždarnicu, spomenuti u pravilniku o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima za ovlašćivanje servisa za pripremu brojila električne energije za ovjeravanje [6], se odnose na:

1. Opremu za ispitivanje brojila (koja se sastoji od uređaja za ispitivanje brojila sa etalonskim vatmetrima i/ili etalonskim brojilima koji moraju biti umjerena), mjerila vremena, kontrolnih instrumenata (ampermetri, voltmetri, frekventometri, termometri i higrometri) koji također moraju biti ovjereni i umjereni, stalci za postavljanje (sa dozvoljenim padom napona od 0,1% nazivne vrijednosti napona brojila za r.t.2 i 3 i 0,015% za brojila djelatne el. energije r.t. 0,2S, 0,5S i 1), izvora napajanja.
2. Prostorije za ispitivanje brojila (koja mora biti suha,čista i dovoljno velika za neometano obavljanje ispitivanja, zaštićena od izravnog sunčevog utjecaja, mora biti zadovoljavajuće osvijetljena, odvojena od prostorije za pripremu brojila, imati mogućnost održavanja temperature $23°C \pm 2°C$, te relativne vlažnosti zraka od 60% $\pm 15\%$, imati vodoravan i antistatički pod i sl.)
3. Djelatnike (najmanje SSS tehničkog smjera i 3 godine radnog iskustva na poslovima ispitivanja, servisiranja ili najmanje KV tehničke struke i 4 godine radnog iskustva na poslovima ispitivanja ili servisiranja moraju imati djelatnici koji obavljaju poslove pripreme brojila za ovjeravanje).
4. Propisnu dokumentaciju (sva izvješća moraju biti čuvana najmanje 1 god. nakon isteka valjanosti ovjere)

Svake 3 godine baždarnica iznova mora ispuniti kriterije navedene ovim pravilnikom, da bi dobila uvjerenje da je ovlašteno tijelo za pripremu mjerila za ovjeravanje.

3.3.2. Postupak inspekcijskog pregleda prilikom ovjere brojila

Propisane načine ispitivanja brojila, i kriterije za odlučivanje o ispravnosti ispitivanog brojila, ćemo u ovom pregledu podijeliti na, dio za indukcijska brojila djelatne el. energije r.t 2, kakva se jedino umjeravaju u baždarnici i dio za statička brojila djelatne el. energije r.t 2 i jalove energije r.t 3 koja su tema praktičnog dijela ovog rada.

Servis omogućuje dvije metode ispitivanja brojila, a to je metoda;

Snaga – vrijeme. Tom se, zadnjih godina rijetko korištenom metodom, ispituju jednofazna i trofazna indukcijska brojila djelatne energije r.t 2 i jalove r.t.3 na način da se snaga mjeri

vatmetrima uz stabilizirano napajanje el. energije, a vrijeme okretanja rotora mjeri štopericama i izražava u sekundama.

Metoda mjerenja rada usporedbom sa etalonskim brojilom. Ovakvo mjerenje je moguće izvoditi i bez stabiliziranog napona (sa mrežnim naponom). Ovom se metodom ispituju jednofazna i trofazna brojila djelatne el. energije r.t. 0,5 ,1, 2 i jalove el. energije r.t. 3.

Postoje tri vrste ovjeravanja brojila a to je, prvo ovjeravanje (obavljeno u servisu proizvođača), redovno ovjeravanje (obavlja se na brojilima koja su već bila u upotrebi, na osnovu ovjernih razdoblja), i izvanredno ovjeravanje (ovakvom ovjeravanju podliježu brojila koja nisu bila ovjerena u propisanom razdoblju ili su bila u kvaru). Ovjerna razdoblja su 8 godina za statička trafo brojila, a 12 za izravna, 8 godina za indukcijska trafo i 16 za izravna indukcijska brojila.
Redovno i izvanredno ovjeravanje indukcijskih brojila djelatne el. energije r.t. 2 za izravni priključak na mrežu, može se provesti pojedinačnim načinom, grupnim i statističkim načinom. U statističkom načinu, plan uzorkovanja je vidljiv iz tablice.

Tab: 3.5. Ispitivanje jednostrukim uzorkovanjem

Br.	Veličina grupe	Veličina uzorka	Broj neispravnih brojila	
			Kriterij za prihvaćanje grupe	Kriterij za odbijanje grupe
1.	od 16 do 25	5	0	≥ 1
2.	od 26 do 50	8	0	≥ 1
3.	od 51 do 90	13	1	≥ 2
4.	od 91 do 150	20	1	≥ 2
5.	od 151 do 280	32	2	≥ 3
6.	od 281 do 500	50	3	≥ 4
7.	od 501 do 1200	80	5	≥ 6

Nakon što je odabrao kontrolnu skupinu brojila, kontrolor će, kako je navedeno u Naputku o ispitivanju indukcijskih brojila električne energije (članak 5.0.) obaviti niz ispitivanja, zagrijavanje brojila, ispitivanje praznog hoda (stanje bez opterećenja), ispitivanje polaska brojila, ispitivanje točnosti brojila, provjera stalnice brojila, kontrole ispravnosti registracije električne energije, ispitivanje dodatnih naprava brojila.
U pravilnicima se spominje, a treba razlikovati: I_O - osnovna struja, izraz korišten za brojila za direktan priključak, i I_n - nazivna struja, za trafo. brojila
Zagrijavanje brojila se provodi, za brojila razreda točnosti 2 i 3, najmanje 1h.

Kod ispitivanja praznog hoda, rotor brojila mora stajati kod napona 80% i 110% referentnog napona U_n, trajanje takvog ispitivanja je 30 min pri svakom naponu.

Ispitivanje polaska brojila se provodi tako da se prati pokretanje rotora kod cosφ=1 i vrijednosti struje 0,005 I_O (samo za brojila r.t 2), za 10 A = 0.05 A. Brojilo treba načiniti bar jedan okret.

Kod ispitivanja točnosti brojila, postotni iznos dopuštene pogreške ne smije premašiti zadane vrijednosti navedene u tablici 6 pravilnika, a koje za brojilo za izravni priključak r.t 2, za vrijednost struje $I_{\max}$(A) i cosφ=1, iznose $\pm$ 2,0 % , a za I_O (A) i cosφ=1 i cosφ=0,5 ind. iznose $\pm$2,0 %.

Granice dopuštenih pogrešaka trofaznih brojila za izravni priključak r.t 2 opterećenih jednofazno, za vrijednost struje I_O (po fazama), cosφ=1, iznose $\pm$ 3,0 %.

Kako je još navedeno u istoimenom pravilniku, razlika između postotne pogreške trofaznog brojila opterećenog jednofazno osnovnom strujom, pri faktoru snage jednakom jedan, i postotne pogreške pri uravnoteženom opterećenju, ne smije iznositi više od ovih vrijednosti: 2,5 % za brojila razreda točnosti 2 i za brojila jalove energije razreda točnosti 3.

Stalnica brojila se ispituje praćenjem odnosa između broja okreta rotora i iznosa pokazanog na brojaču.

Registracija električne energije se kontrolira tako da se očitaju početna stanja brojila, zatim na brojila pusti 2 kWh el. energije, određene na etalonskom brojilu impulsa i nakon toga očitaju konačna stanja. Odstupanja moraju biti unutar dozvoljenih granica (u praksi je to do maksimalno 4 crtice na zadnjem kolutu brojčanika).Ista se kontrola provodi i za drugu tarifu.

Ispitivanje dodatnih naprava brojila obuhvaća, ispravnost rada releja za prebacivanje tarifa koje se provjerava sa nekoliko uzastopnih prebacivanja pri 0,8 U_n odnosno 1,2 U_n vrijednosti napona.

Ako brojilo ima napravu za sprječavanje suprotne vrtnje rotora, brojilu opterećenom najvećom strujom promjeni smjer registriranja energije. Naprava treba spriječiti okretanje rotora u suprotnom smjeru za više od jednog punog okretaja. Tu je još ispitivanje pokazivača snage i davača impulsa za daljinsko mjerenje.

Statička brojila djelatne energije razreda točnosti 2 i jalove energije razreda točnosti 3 se ovjeravaju tako da, kontrolor prvo provjerava pripremljena izvješća o provedenom ispitivanju, zatim slijedi provjera svih podataka na natpisnoj pločici brojila. Ako se osim pojedinačnog načina provodi statistički način ispitivanja tada se količina brojila za uzorkovanje određuje iz tablice 3.5.

Postupak ispitivanja se provodi po istim točkama navedenim za indukcijska brojila.

Zagrijavanje brojila u trajanju od 1h.

Kod ispitivanja praznog hoda brojilo ne smije davati izlazne impulse pri stanju bez opterećenja i pri naponskim krugovima priključenim na 115% referentnog napona. Najmanje trajanje ispitivanja t se određuje iz formule (primjer formule za brojila r.t 2).

$$\Delta t \geq \frac{480 \times 10^6}{k \times m \times U_u \times I_{\max}} \text{ (min)} \qquad (3\text{-}4)$$

gdje je;

k - stalnica brojila (imp./kWh)

m - broj mjernih elemenata brojila (broj faza)

U_n - referentni napon (V)

$I_{\max}$ - najveća struja brojila (A)

Za vrijeme ovog ispitivanja stalnica brojila smije dati samo jedan impuls.

Struje pri kojima brojila moraju davati izlazne impulse i početi mjeriti energiju pri uravnoteženom opterećenju su: za brojila za izravni priključak uz cosφ=1 za brojila djelatne energije r.t. 2 iznos struje je 0,005 I_O , za brojila jalove energije sinφ=1, r.t. 3 je 0,01 I_O , za brojila koja se priključuju preko strujnih transformatora djelatna r.t.2 struja polaska je 0,003 I_n , i jalova r.t. 3 je 0,005 I_n

Razlika između postotne pogreške trofaznog brojila opterećenog jednofazno osnovnom strujom, pri faktoru snage cosφ=1, ne smije iznositi više od 2,5 %, pri uravnoteženom opterećenju za brojila djelatne energije r.t. 2 i uz sinφ=1 za brojila jalove energije r.t. 3 iznosi 3,5 %.

Ostale obavezne kontrole su kontrola stalnice brojila.

Kontrola registracije djelatne energije se provodi na isti način kao i kod indukcijskih brojila, dok se za jalovu zapiše stanje svih brojčanika, brojilo optereti sa maksimalnom strujom i vrši registracija. Ponovo se zapišu stanja brojčanika svih brojila i brojila moraju pokazati količinu registrirane električne energije, korigiranu za vlastitu pogrešku brojila.

Također se provjeravaju dodatne funkcije brojila, kao ispravnost rada registra (tarifa), naprava za sprječavanje suprotnog registriranja, pokazivač najveće snage i davač impulsa za daljinsko očitanje.

Brojila koja su zadovoljila sve kriterije iz pripadajućih pravilnika, označavaju se državnim ovjernim oznakama (žigovi koji se utisnu u sve plombe na brojilu).

4. PRAKTIČNI PRIMJER OVJERE GRUPE BROJILA

U ovom poglavlju ćemo proći kroz postupak i vidjeti rezultate u praksi provedenog ovjeravanja grupe od 20 statičkih brojila, montiranih na jedan fiksni stalak. Od tih 20 brojila dva su brojila čisto radne el. energije r.t. 2 , to su brojila proizvođača ISKRA tip MT 31A5-H15.

14 brojila su proizvođača RIZ tip EBT502-C2. Riječ je o kombiniranim „Kombi“ brojilima za mjerenje djelatne energije r.t. 2 i jalove r.t.3.

Preostala četiri brojila su izvan procesa ovjeravanja, jer su u procesu ispitivanja imali nedozvoljeno velike greške u pojedinim mjernim točkama, i neće se nalaziti u priloženom ispitnom listu.

Postupak redovne ovjere načelno je sličan postupku ispitivanja, jer tijelo državne uprave (DZM) još jedanput provjerava podatke odabranih brojila koje je serviser već prije pripremio i ispitao. Kako je riječ o gotovo posve automatiziranom procesu u postojećoj opremi za baždarenje i ovjeru statičkih brojila, u kojoj etalonsko brojilo predane impulse uspoređuje sa pokazanim impulsima na stalnici brojila očitanih preko foto-glava, i softverom izračunata pogreška brojila RF kao postotak predanih impulsa iz etalona I_P i dobivenih tj. očitanih impulsa na brojilu I_D.

$$RF = \frac{I_D - I_P}{I_P} \times 100 \tag{4-1}$$

Nakon 60 min zagrijavanja brojila u kojima i TEMP 100 postiže svoji radnu temperaturu, pristupamo prvo provjeri brojila na djelatno opterećenje.

Unosimo u računalo 115% vrijednost referentnog napona (264 V) i u trajanju prema formuli

$$\Delta t = \frac{600 \times 10^6}{k \times m \times U_n \times I_{\max}} = \frac{600000000}{1000 \times 3 \times 230 \times 100} \approx 9 \text{ min}$$

i vizualno provjerimo dali brojila daju više od dozvoljenih 1 impuls.

Pokretanje vršimo na 0.5 I_n i pratimo pojavljivanje impulsa na svakom brojilu.

Sljedeća je kontrola brojila na svih 20 mjernih točaka za djelatnu energiju navedenih u tablici 3.4., a koju pokrećemo opcijom „Mjerenje“ u softveru. U 19. točki očitavamo početno stanje na prvoj tarifi i upisujemo u računalo, nakon isporučenih 2 kWh očitavamo završno stanje i upisujemo. U 20-oj točki ponavljamo isti postupak na drugoj tarifi.

Nakon završetka svih mjerenja, prelazimo na ispitivanje 17 mjernih točaka za jalovu energiju kako su nabrojani u tablici 3.4.

Provjera prebacivanja i registriranja brojila na drugoj tarifi se može provjeriti pojedinačno na nekoliko brojila, na način da se ručnim terminalom ili tipkama na samom brojilu namjesti

vrijeme druge tarife (npr. 22h) i provjeri dali je indikacijska lampica prebacila. Pusti se određena količina el. energije da se provjeri registriranje u toj tarifi.

Naprava za promjenu smjera energije se u ovom primjeru ne kontrolira, jer je ispitivani tipovi brojila nemaju.

Pokazivač najveće snage se provjerava tako da se brojilo optereti stalnom snagom, u vremenu od oko 30 min. Struju odabiremo u pravilu da bude u rasponu od oko 2/3 do max. vrijednosti. Nakon isključenja se očita vrijednost najveće registrirane snage na displeju. Registrirana snaga zadovoljava ako je vlastita pogreška jednaka pogreški brojila, pri tom opterećenju.

Budući da su sva brojila bila u dozvoljenim granicama pogreške i prošla sve dodatne preglede, izvješće se ispisuje u dva primjerka, od kojih jedan ostaje u servisu.

Na kraju ovjere, mjeritelj ustupa kliješta sa baždarskim žigom koja se tada smiju upotrijebiti za stiskanje olovnih plombi tj. utiskivanjem žiga.



Sl. 4.1. Kliješta za utiskivanje ovjernog žiga na plombu ispitanog brojila

ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu obrađena je tema postupka umjeravanja brojila električne energije razreda točnosti 2 i 3. Detaljno je opisan proces kroz koji prolazi brojilo, od dolaska u baždarnicu, umjeravanja do konačne ovjere. Tokom rada, zamijetio sam nekoliko stvari koje je potrebno spomenuti. Brzina uvođenja elektroničkih brojila u električnu mrežu je prijašnjih godina išla sporijim tempom nego se predviđalo ranijim projektima, tako da i danas imamo do 70% indukcijskih brojila, koja se baždare u godišnjem planu umjeravanja.

Spominjana mogućnost komunikacije tj. daljinskog očitanja, u praksi nije zaživjela u mjeri kako je najavljivano proteklih godina. Od ranije postavljena oprema, u područjima izgrađenim nakon ratnih zbivanja, često je, nakon oštećenja uslijed npr. građevinskih radova, pada grane i sl. bila ostavljena nespojena sa koncentratorom. Iako su u mnogim mjestima ugrađena elektronička brojila sa mogućnošću daljinskog očitanja, često iz raznih razloga sustav nije u funkciji, tako da i dalje djelatnici privatnih koncesionara, uz još uvijek postojeće očitačke ekipe HEP-a, moraju obilaziti i vizualno očitavati mjerna mjesta sa elektroničkim brojilima.

Uvođenje komunikacije preko energetskih vodova (PLC) na nekim je prostorima znala je zastajati, zbog pritužbi telekomunikacijskih operatera, koji bi se žalili na elektromagnetske smetnje.

Unatoč ovim poteškoćama u implementiranju novih tehnologija, zamjetna je tendencija ubrzanog rasta u zadnje dvije godine.

Broj ugrađenih elektroničkih brojila, u zadnje vrijeme, bilježi osjetan porast, posebno u nekim distribucijskim područjima HEP-a (primjer Elektroslavonija) gdje se svako skinuto indukcijsko brojilo, zamjenjuje sa elektroničkim.

Osječka baždarnica namjerava staru liniju, na kojoj se još uvijek umjeravaju samo indukcijska brojila, tokom 2017.god. zamijeniti za novu liniju, nalik na opisanu za umjeravanje elektroničkih brojila, ali sa tzv. „tunelskom“ izvedbom spojnih, pokretnih regala. Rastući omjer dovezenih brojila raste u korist elektroničkih, i takva se odluka čini potpuno opravdanom za daljnje uspješno poslovanje.

Što se tiče postojeće opreme za umjeravanje elektroničkih brojila, ona se pokazala pouzdanom u radu već više od 10 godina vršeći izvanredna (atesti), redovna (priprema) i ovjerna ispitivanja brojila svih razreda točnosti.

Kombi brojila r.t.2 za djelatnu i r.t.3 za jalovu energiju, su već duže vremena u uporabi, jer su zbog dugotrajne pouzdanosti, i veće otpornosti na razne prilike u mreži, rijetko bila „izbacivana“ prilikom procesa redovnog baždarenja, uslijed pokazane netočnosti (tj. nedozvoljene razlike

između predane energije etalonskog brojila i registrirane količine na samom brojilu). Rezultati takvog mjerenja su vidljivi iz priloženih tablica. Sa druge strane, novija brojila r.t.1 za djelatnu i r.t.2 za jalovu energiju, su bila značajno osjetljivija, tako da su češće „ispadala“ u pojedinim točkama mjerenja, tako da se gotovo sa sigurnošću moglo predvidjeti od 20-40% netočnih brojila, tijekom procesa baždarenja.

Kako je srednja razina iskazivanja mjernog rezultata, kakva se primjenjuje u industriji, dobivena samo jednim mjerenjem na , dovoljno je opisati mjerni postupak i svojstva mjerne opreme, tako da ne postoji potreba za dodatnim statističkim analizama rezultata ovakvih mjerenja.

LITERATURA

[1] V. Bego , Mjerenja u elektrotehnici, Graphis, Zagreb, 2003.g.

[2] F. Mlakar, Opća električna mjerenja, Golden market-Tahnička knjiga, Zagreb, 2003.g.

[3] Z. Godec, Iskazivanje mjernog rezultata, Graphis, Zagreb, 1995.g.

[4] Z. Godec, D. Dorić, Osnove mjerenja – laboratorijske vježbe, Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 1998.g.

[5] R. Malarić, Mjerenja u elektrotehnici, Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, 2006.g.

[6] DZM (http://www.dzm.hr) 14.2.2016.

[7] ISKRAMECO (http://www.iskrameco.hr) 14.2.2016.

[8] RIZ (http://www.riz.hr) 20.3.2016.

[9] LANDISGYR (http://www.landisgyr.eu) 20.3.2016.

[10] A. Blandžić, M. Damjanić, L. Belci, D. Damjanić, Prijedlog razvoja sustava daljinskog očitanja u Elektroistri Pula, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – Ho Cired, SO6-13, 1-7, Šibenik, 2008.g.

[11] M. Bošković, P.Rašić, Z. Lipošćak, Izazovi mjerenja energije iz obnovljivih izvora, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – Ho Cired, SO6-19, 1-8, Sv. Martin na Muri, 2002.g.

[12] I. Hadjina, M. Kavurčić, Jedinstveni sustav daljinski očitavanih mjernih mjesta HEP-ODS-a, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – Ho Cired, SO6-12, 1-10, Šibenik 2008.g.

[13] P. Howarth, F. Redgrave, Mjeriteljstvo ukratko- 3. izdanje, Državni zavod za mjeriteljstvo, Zagreb, 2015.g.

SAŽETAK

U ovom radu je dan pregled iskazivanja mjernog rezultata i pogrešaka mjerenja, nakon čega je prikazano načelo rada indukcijskih i elektroničkih brojila. Također je dan pregled i postupak kroz koji prolazi električno brojilo, od dolaska u mjerni laboratorij, umjeravanja, sve do izdavanja konačne potvrde o točnosti. Sva
mjerna oprema je opisana u detalje, kao i postupak umjeravanja indukcijskih i elektroničkih brojila, te je opisano postojeće stanje i smjer razvoja mjernog laboratorija i opreme. U dodatku se može detaljnije upoznati softver C.A.T.S. koji služi za automatizirano umjeravanje brojila. Na kraju će biti riječi o komunikacijama modernih električnih brojila između potrošača i opskrbljivača električnom energijom.

Ključne riječi: električno brojilo, umjerni laboratorij, umjeravanje, točnost.

ABSTRACT

In this work the overview of the presentation of the measuring results and the measuring errors is presented, which is followed by the presentation of the working principle of the induction meters and the electronical ones. The procedure through which the electric meter passes is presented as well, from the arrival in the calibration laboratory, through the calibration, until the final accuracy verification can be given. Entire measuring equipment is described in details as well as the procedure of calibration of the induction and electronical meter. The direction of the development of the calibration laboratory and the measuring equipment are described. In the additional section more details are given about the C.A.T.S. software which is used for the automatical calibration of the meters. At the end there is a discussion about the communications of modern electrical meters between the consumer and the electricity supplier.

Key words: electric meter, calibration laboratory, accuracy.

ŽIVOTOPIS

Stevica Bajić, rođen u Osijeku 29.7.1978. Nakon završetka osnovne škole upisuje srednju školu u EMŠC (elektro-metalski školski centar) u Osijeku, i nakon završetka, započinje radni odnos u HEP-u, Elektroslavonija Osijek, gdje je i danas zaposlen. Tokom godina, radi na nekoliko odjela u istoj firmi (odjel za izgradnju i usluge, odjel za održavanje NN-zračnih mreža 0,4 kV, odjel za mjerenje - baždarnica). Naknadno upisuje Elektrotehnički fakultet u Osijeku, stručni studij, smjer elektroenergetika.

PRILOZI

U prvom prilogu se nalazi prikaz originalnog izlistanja rezultata kontrolnog mjerenja grupe elektroničkih brojila.

Drugi prilog detaljnije opisuje funkcije C.A.T.S softvera, i popise parametara koje u softver treba unijeti da bi osigurali pravilan rad.

U trećem prilogu se nalazi i opis tehnologije daljinskog očitanja i upravljanja elektroničkim brojilima, koja je jedna od najvažnijih svojstava modernih brojila.

HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
ELEKTROSLAVONIJA OSIJEK
Ovlašteno tijelo za pripremu mjerila za ovjeravanje br. 517
31000 Osijek, Zeleno polje bb

Naziv etalona: Trofazno etalonsko brojilo el. energije
Proizvođač: ISKRAEMECO d.d.
Vrsta: TEMP-100 (EPS 80-3); Tv. broj: 37457337; Razred točnosti: 0.05
Uređaj umjeren kod: Iskraemeco d.d.; Umjerna oznaka: CK4319-0-16; Do: 08.01.2019.

Naziv mjerne metode : Komparativna metoda
Protokol : STATIČKA RADNA r.t.2 IZRAVNA

Datum i vrijeme pregleda : 16.05.2016 13:27:06

I S P I T N I L I S T b r. :

Ispitao : Administrator ;Temperatura : 22,1°C Relativna vlažnost (%) : 54,9 Tlak:(hPa) :

HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
ELEKTROSLAVONIJA OSIJEK
Ovlašteno tijelo za pripremu mjerila za ovjeravanje br. 517
31000 Osijek, Zeleno polje bb

Naziv etalona: Trofazno etalonsko brojilo el. energije
Proizvođač: ISKRAEMECO d.d.
Vrsta: TEMP-100 (EPS 80-3); Tv. broj: 37457337; Razred točnosti: 0.05
Uređaj umjeren kod: Iskraemeco d.d.; Umjerna oznaka: CK4319-0-16; Do: 08.01.2019.

Tip : EBT502 10(100)A, 1000imp. ; Un : 3x230/400 V ; In :10(100) A ; Frekvencija : 50 Hz;
Konstanta brojila : 1000.00 imp/kWh ;Radno ;Konstanta impulsnog davača : 0 Wh/imp
Pokretanje : 0,5% In ; Prazan hod : 115% Un ; Klasa : 2 ; Ispitivanje izolacije :4 kV
Proizvođač :RIZ

Br:Mt				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
OPT.(%)				100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	5.00	1000.00	1000.00	0.00	0.50
FS				1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00
FAZE				R0	S0	T0	RST0	R0	S0	T0	RST0	RST0	R0	S0	T0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0
TIP-OPT.								L	L	L	L	L							L		
TARIFA																			1		
OKR-LED				10	10	10	50	10	10	10	20	10	10	10	10	10	5	100	50	0	1
DG %				-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.5	-2.0	-2.0	0.0	0.0
GG %				3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.5	2.0	2.0	0.0	0.0
PRAVAC				desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno
MS	R.BR.	TV.BR.	TIP.BR.	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF
1	3061	28306947	MT31A5-H15	-0.21	0.04	-0.46	-0.19	-0.32	0.15	-0.26	-0.13	-0.13	-0.31	-0.01	-0.47	-0.25	-0.32	-0.12	-0.27	OK	OK
2	3062	28331619	MT31A5-H15	-0.85	-1.00	-0.88	-0.91	-0.83	-0.94	-0.77	-0.87	-0.82	-0.83	-1.07	-0.91	-0.93	-0.88	-0.78	-0.89	OK	OK
3	3063	10042688	EBT502-C2	1.51	1.70	0.72	1.27	1.69	1.84	0.61	1.32	1.03	1.48	1.58	0.08	1.02	0.58	1.35	1.51	OK	OK
4	3064	10042697	EBT502-C2	0.66	0.84	0.46	0.64	0.75	1.11	0.55	0.82	0.49	0.44	0.92	-0.07	0.51	-0.42	0.37	0.90	OK	OK
5	3065	10042686	EBT502-C2	1.18	0.97	0.84	0.95	1.31	1.10	0.86	1.03	0.84	1.00	0.91	0.51	0.90	1.01	0.95	1.28	OK	OK
6	3066	10057517	EBT502-C2	1.31	1.43	1.24	1.39	1.19	1.50	1.17	1.31	0.95	1.34	1.33	0.77	1.14	0.81	0.76	1.12	OK	OK
7	3067	10025785	EBT502-C2	0.66	1.04	0.84	0.88	0.66	1.08	0.83	0.85	0.49	0.37	1.03	0.48	0.63	-0.69	0.56	0.89	OK	OK
8	3068	10042775	EBT502-C2	0.66	2.10	1.11	1.31	0.67	2.14	0.96	1.26	1.10	0.83	2.01	0.78	1.22	0.68	1.35	1.28	OK	OK
9	3069	10042949	EBT502-C2	1.57	1.56	1.30	1.51	1.73	1.48	1.36	1.54	1.39	1.72	1.36	1.06	1.38	1.10	1.34	1.49	OK	OK
10	3070	10042710	EBT502-C2	0.59	1.90	0.59	1.03	0.68	2.10	0.67	1.11	1.07	0.79	1.89	0.02	0.95	0.59	0.95	1.12	OK	OK
11	3071	10042608	EBT502-C2	0.59	1.43	1.24	1.11	0.78	1.57	1.31	1.20	0.94	0.55	1.27	0.94	0.87	0.58	0.95	1.28	OK	OK
12	3072	10042634	EBT502-C2	0.53	2.16	0.14	0.96	0.81	2.32	0.30	1.10	0.85	0.39	2.28	-0.33	0.75	0.18	0.95	1.12	OK	OK
13	3073	10042694	EBT502-C2	0.85	0.71	0.85	0.88	1.04	0.91	0.78	0.92	0.53	0.88	0.68	0.39	0.63	0.00	0.95	0.91	OK	OK
14	3074	10042637	EBT502-C2	1.05	2.23	1.90	1.74	1.12	2.35	2.15	1.84	1.62	0.96	2.10	1.82	1.57	0.94	1.74	1.90	OK	OK
15	3075	10042526	EBT502-C2	1.44	1.56	1.63	1.55	1.62	1.72	1.67	1.59	1.17	1.39	1.37	1.02	1.26	0.80	1.34	1.88	OK	OK
16	3076	10057155	EBT502-C2	1.24	1.10	0.39	0.95	1.23	0.99	0.29	0.84	0.59	1.06	1.13	-0.10	0.75	0.02	0.56	0.52	OK	OK

HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
ELEKTROSLAVONIJA OSIJEK
Ovlašteno tijelo za pripremu mjerila za ovjeravanje br. 517
31000 Osijek, Zeleno polje bb

Naziv etalona: Trofazno etalonsko brojilo el. energije
Proizvođač: ISKRAEMECO d.d.
Vrsta: TEMP-100 (EPS 80-3); Tv. broj: 37457337; Razred točnosti: 0.05
Uređaj umjeren kod: Iskraemeco d.d.; Umjerna oznaka: CK4319-0-16; Do: 08.01.2019.

Br:Mt	19	20							
OPT.(%)	1000.00	1000.00							
FS	1.00	1.00							
FAZE	RST0	RST0							
TIP-OPT.									
TARIFA	1	2							
OKR-LED	2000	2000							
DG %	-2.0	-2.0							
GG %	2.0	2.0							
PRAVAC	desno	desno							
MS	RF	RF	P1T	K1T	P2T	K2T	VL.	G.PR.	SL.OZNAKA
1	0.00	0.00	2.50	4.50	3.40	5.40	VUKOVAR	2001	HR F-6-1005
2	0.00	0.00	3.60	5.60	8.30	10.30	VINKOVCI	2002	HR F-6-1005
3	0.00	-0.00	5.43	7.43	1.32	3.32	VUKOVAR	2003	HR F-6-1032
4	0.50	0.00	6.26	8.27	5.84	7.84	VUKOVAR	2003	HR F-6-1032
5	0.00	-0.00	8.32	10.32	6.32	8.32	VUKOVAR	2003	HR F-6-1032
6	0.00	-0.50	1.40	3.40	5.87	7.86	VUKOVAR	2006	HR F-6-1032
7	0.50	-0.50	3.78	5.79	6.91	8.90	SLAVONSKI BROD	2003	HR F-6-1032
8	-0.50	0.00	5.29	7.28	5.23	7.23	SLAVONSKI BROD	2004	HR F-6-1032
9	0.00	0.50	1.97	3.97	5.47	7.48	SLAVONSKI BROD	2004	HR F-6-1032
10	0.50	0.00	5.63	7.64	0.68	2.68	SLAVONSKI BROD	2006	HR F-6-1032
11	0.50	0.50	6.21	8.22	5.79	7.80	VINKOVCI	2003	HR F-6-1032
12	0.00	0.50	3.56	5.56	6.89	8.90	VINKOVCI	2003	HR F-6-1032
13	0.00	0.00	4.78	6.78	5.23	7.23	VINKOVCI	2003	HR F-6-1032
14	0.00	-0.50	5.80	7.80	3.45	5.44	VINKOVCI	2003	HR F-6-1032
15	-0.50	0.50	6.24	8.23	5.75	7.76	VINKOVCI	2003	HR F-6-1032
16	0.50	0.00	3.19	5.20	6.25	8.25	VINKOVCI	2006	HR F-6-1032

Broj ispravnih brojila :16

Servis : _____ DZM :_____

HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
ELEKTROSLAVONIJA OSIJEK
Ovlašteno tijelo za pripremu mjerila za ovjeravanje br. 517
31000 Osijek, Zeleno polje bb

Naziv etalona: Trofazno etalonsko brojilo el. energije
Proizvođač: ISKRAEMECO d.d.
Vrsta: TEMP-100 (EPS 80-3); Tv. broj: 37457337; Razred točnosti: 0.05
Uređaj umjeren kod: Iskraemeco d.d.; Umjerna oznaka: CK4319-0-16; Do: 08.01.2019.

Naziv mjerne metode : Komparativna metoda
Protokol : STATIČKA JALOVA r.t.3 IZRAVNA

Datum i vrijeme pregleda : 16.05.2016 14:17:42

I S P I T N I L I S T b r. :

Ispitao : Administrator ;Temperatura : 22,3°C Relativna vlažnost (%) : 54,2 Tlak:(hPa) :

HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
ELEKTROSLAVONIJA OSIJEK
Ovlašteno tijelo za pripremu mjerila za ovjeravanje br. 517
31000 Osijek, Zeleno polje bb

Naziv etalona: Trofazno etalonsko brojilo el. energije
Proizvođač: ISKRAEMECO d.d.
Vrsta: TEMP-100 (EPS 80-3); Tv. broj: 37457337; Razred točnosti: 0.05
Uređaj umjeren kod: Iskraemeco d.d.; Umjerna oznaka: CK4319-0-16; Do: 08.01.2019.

Tip : EBT502 10(100)A, 1000imp/kvarh ; Un : 3x230/400 V ; In :10(100) A ; Frekvencija : 50 Hz;
Konstanta brojila : 1000.00 imp/kvar ;Jalovo naravno ;Konstanta impulsnog davača : 0 Wh/imp
Pokretanje : 0,5% In ; Prazan hod : 115% Un ; Klasa : 3 ; Ispitivanje izolacije :4 kV
Proizvođač :RIZ

Br:Mt				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
OPT.(%)				100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	20.00	20.00	10.00	5.00	1000.00	0.00	0.50	1000.00		
FS				1.00	0.50	0.25	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
FAZE				RST0	RST0	RST0	R0	S0	T0	R0	S0	T0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0	RST0		
TIP-OPT.				L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L					
TARIFA				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
OKR-LED				100	100	50	50	50	50	50	50	50	20	20	20	10	200	0	1	2000		
DG %				-3.0	-3.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-4.0	-3.0	-3.0	-4.0	-4.0	-3.0	0.0	0.0	-2.0		
GG %				3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	0.0	0.0	2.0		
PRAVAC				desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno	desno		
MS	R.BR.	TV.BR.	TIP.BR.	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	RF	P1T	K1T
3	3063	10042688	EBT502-C2	1.23	1.78	2.24	1.48	2.10	0.36	0.70	3.14	0.94	0.73	0.69	-0.37	-0.15	0.92	OK	OK	0.50	4.68	6.69
4	3064	10042697	EBT502-C2	0.80	0.05	-0.99	0.85	1.42	0.40	-0.86	0.97	-0.26	0.32	-0.84	-1.89	-0.72	0.33	OK	OK	0.00	2.77	4.77
5	3065	10042686	EBT502-C2	0.93	0.59	0.11	1.57	1.10	0.28	1.65	0.25	-0.28	0.49	-0.04	-0.71	-0.29	0.62	OK	OK	1.00	4.69	6.71
6	3066	10057517	EBT502-C2	1.15	0.98	0.74	1.07	1.42	1.11	1.08	1.03	0.87	0.63	-0.16	-1.65	-1.39	0.53	OK	OK	0.50	6.55	8.56
7	3067	10025785	EBT502-C2	0.78	0.11	-0.82	1.06	0.71	0.51	-0.32	0.01	-0.05	-0.20	-1.31	-3.00	-2.91	0.34	OK	OK	0.00	9.36	11.36
8	3068	10042775	EBT502-C2	1.21	1.52	1.47	0.81	2.22	0.97	0.93	2.04	-0.35	0.94	0.14	-0.45	0.35	0.92	OK	OK	1.00	8.85	10.87
9	3069	10042949	EBT502-C2	1.48	1.37	1.15	2.06	1.91	0.60	1.14	1.79	0.17	1.08	0.28	-0.45	-0.02	1.21	OK	OK	1.00	9.84	11.86
10	3070	10042710	EBT502-C2	1.09	1.05	1.12	1.18	2.23	0.22	1.36	1.47	-0.18	1.30	1.36	1.68	2.21	0.63	OK	OK	1.00	0.99	3.01
11	3071	10042608	EBT502-C2	1.09	0.49	-0.10	1.23	1.63	0.54	0.88	0.87	-0.16	1.02	0.65	0.27	1.16	0.72	OK	OK	1.00	5.91	7.93
12	3072	10042634	EBT502-C2	1.25	0.75	0.13	1.15	2.76	0.01	-0.26	2.62	-0.52	1.30	0.96	1.55	1.89	0.72	OK	OK	0.50	4.46	6.47
13	3073	10042694	EBT502-C2	0.89	0.84	0.67	1.25	1.01	0.62	1.12	0.86	0.17	0.71	0.45	0.37	0.54	0.63	OK	OK	0.50	6.23	8.24
14	3074	10042637	EBT502-C2	1.90	1.42	0.78	1.65	2.42	1.70	0.44	2.09	0.59	1.79	0.88	0.93	1.94	1.61	OK	OK	1.50	3.42	5.45
15	3075	10042526	EBT502-C2	1.68	1.59	1.57	2.02	2.09	1.32	1.74	0.78	0.87	1.51	0.84	0.86	1.39	1.41	OK	OK	1.00	3.21	5.23
16	3076	10057155	EBT502-C2	0.95	1.30	1.45	1.65	1.15	0.16	1.64	2.11	0.18	0.51	0.44	-0.53	-1.02	0.24	OK	OK	0.50	0.41	2.42

HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
ELEKTROSLAVONIJA OSIJEK
Ovlašteno tijelo za pripremu mjerila za ovjeravanje br. 517
31000 Osijek, Zeleno polje bb

Naziv etalona: Trofazno etalonsko brojilo el. energije
Proizvođač: ISKRAEMECO d.d.
Vrsta: TEMP-100 (EPS 80-3); Tv. broj: 37457337; Razred točnosti: 0.05
Uređaj umjeren kod: Iskraemeco d.d.; Umjerna oznaka: CK4319-0-16; Do: 08.01.2019.

Br:Mt			
OPT.(%)			
FS			
FAZE			
TIP-OPT.			
TARIFA			
OKR-LED			
DG %			
GG %			
PRAVAC			
MS	VL.	G.PR.	SL.OZNAKA
3	VUKOVAR	2003	HR F-6-1032
4	VUKOVAR	2003	HR F-6-1032
5	VUKOVAR	2003	HR F-6-1032
6	VUKOVAR	2006	HR F-6-1032
7	SLAVONSKI BROD	2003	HR F-6-1032
8	SLAVONSKI BROD	2004	HR F-6-1032
9	SLAVONSKI BROD	2004	HR F-6-1032
10	SLAVONSKI BROD	2006	HR F-6-1032
11	VINKOVCI	2003	HR F-6-1032
12	VINKOVCI	2003	HR F-6-1032
13	VINKOVCI	2003	HR F-6-1032
14	VINKOVCI	2003	HR F-6-1032
15	VINKOVCI	2003	HR F-6-1032
16	VINKOVCI	2006	HR F-6-1032

Broj ispravnih brojila :14

Servis : _____ DZM :_____

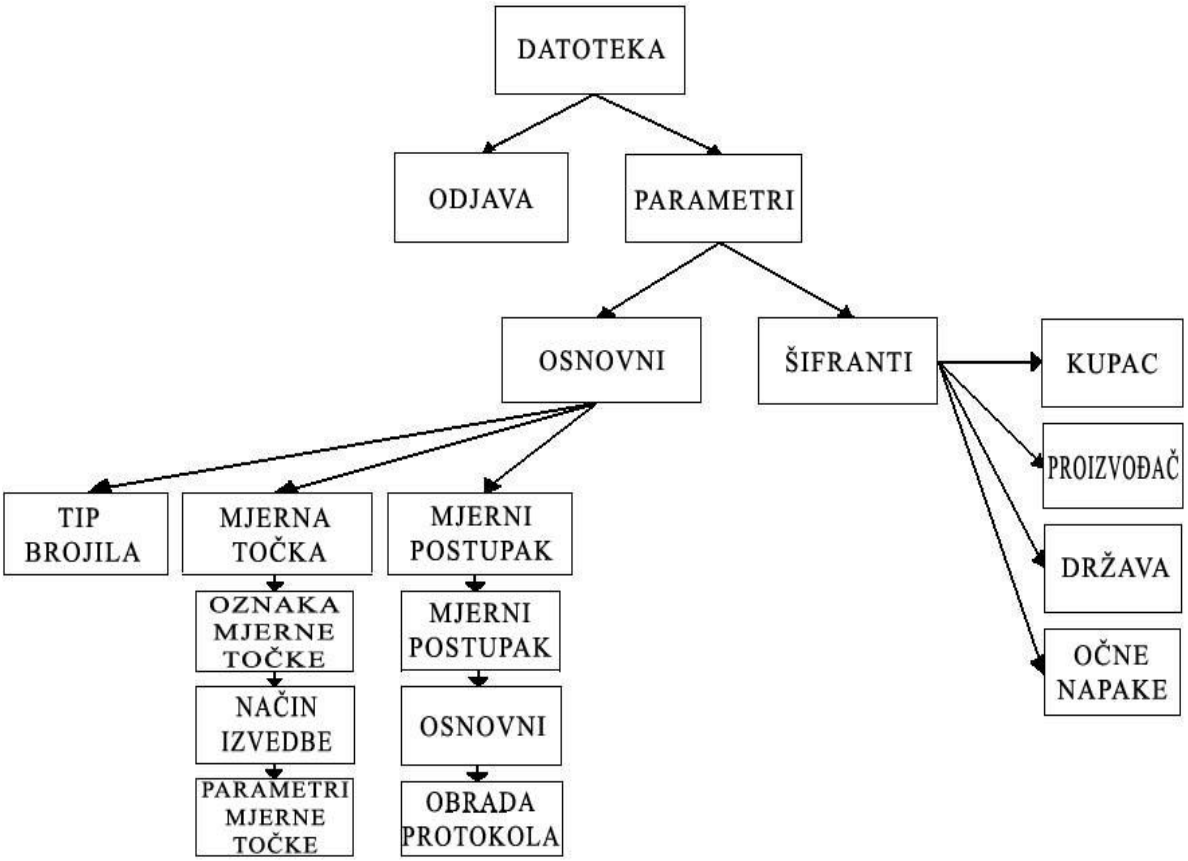
PRILOG 2.

Više o C.A.T.S. softveru za umjeravanje brojila



Sl. 1. Izgled sučelja softvera tijekom procesa umjeravanja

U velikom broju različitih mogućnosti koje nudi CATS softver, u ovom dijelu ćemo se zadržati na upoznavanju najosnovnijih stavki programa, da bismo lakše razumjeli način na koji program funkcionira.



Sl. 2. Shematski prikaz kartica za izbor u programu

U meniju izborom polja “Datoteka“ dobijemo ponuđena dva izbora “Odjava“, koji služi za promjenu korisnika programa (unosom druge šifre) bez izlaženja iz aplikacije, i drugi izbor je “Parametri“. Klikom na ikonu “Parametri“ otvara se prozor sa dvije kartice, a to su “Osnovni“ i “Šifranti“.

“Šifranti“ služe za određivanje parametara koji sastavljaju mjerne točke, a kad se odrede parametri mogu se i spremiti u bazu podataka. Odabirom ikone “Šifranti“ dobijemo ikone za pojedine šifrante, a to su: “Kupac“, “Proizvođač“, “Država“ i “Očite greške“(Očne napake). U svaku od tih odabira upisuju se traženi podaci u vezi brojila. Nakon što se jedanput popune, tražene informacije se pohrane u bazu podataka, i uvijek ih možemo pozvati i upotrijebiti kada trebamo odrediti tip brojila, mjerni postupak i protokol rezultata mjerenja.

Izborom kartice “Osnovni“ prikazuju se tri ikone “Tip brojila“,“Mjerna točka“ i “Mjerni postupak“.

Izborom ikone “Tip brojila“ nudi nam se prozor sa mogućnostima unosa parametara koji definiraju pojedini tip brojila. To nam je od velike važnosti, jer definicija mjernih točaka i mjernog postupka ovisi od upisanih podataka.

Opcije unosa podataka koje nam se nude u prozoru “Tip brojila“ su:

1. Naziv brojila – ime pod kojim su u bazi podataka pohranjeni osnovni podaci brojila.
2. Komentar – objašnjenje naziva (opći podaci).
3. U_n - nazivni napon u voltima.
4. Oznaka pored U_n polja odnosi se na to polje i pokazuje isto.
5. I_n - nazivna struja brojila uz amperima.
6. Oznaka pored polja I_n odnosi se na to polje (proizvoljni podaci).
7. $I_{\max}$ - maksimalna struja brojila u amperima.
8. Frekvencija u Hz.
9. Stalnica brojila (broj okretaja rotora ili broj impulsa za 1 kW).
10. Broj tarifa (1 do 8).
11. Sistem – odabir za jednosistemska, dvosistemska i trosistemska brojila (faze).
12. Vrsta brojila u pogledu opterećenja (djelatno, jalovo, oboje).
13. Start (Aktivacija) – postotak I_n za start brojila.
14. Prazan hod U_n % - upišemo % U_n za prazan hod brojila.
15. Razred točnosti brojila.

16. Proboj – traži se napon u kV na kojoj je brojilo ispitivano na dielektričnu čvrstoću.
17. Konstanta transformatora (samo za transformatorska brojila).
18. Proizvođač – izabire se iz postojećih.
19. Dugme za dodavanje novog proizvođača.
20. Polje u kojem se vidi pregled već postojećih upisa.

Druga ikona je "Mjerna točka". Operacija koja se treba izvršiti u toku baždarenja ili kontrole električnog brojila određena je korištenjem postavki iz ovog prozora. Čitavi proces mjerenja sastavljen je iz više mjernih točaka. Svaku mjernu točku je potrebno bar jedanput odrediti i propisati, te se ona kasnije može samo izabrati iz skupine već upisanih.

Prozor "Mjerna točka" se sastoji od tri kartice "Oznaka mjerne točke", "Način izvedbe", "Parametri mjerne točke".

Izborom kartice "Oznaka mjerne točke" upisuje se ime mjerne točke (npr. Baždarenje brojila Iskra) i komentar (npr. EBT95, 10-60 A...). Sve je to u svrhu našeg lakšeg pronalaženja sljedeći put kad želimo upotrijebiti mjernu točku. U kartici ispunjavamo:

1. *Ime* mjerne točke je naziv pod kojim su pohranjeni parametri mjerne točke u bazu podataka.
2. *Komentar* je dodatni opis mjerne točke.
3. *Protokol* je kratki tekst, koje možemo upotrijebiti u protokolu obično za objašnjenje neke točke.
4. *Vrsta mjerne točke* koja može biti dinamička (baždarna - nema fiksnih granica u %) ili konstantna (kontrolna). U mjernom postupku se određuju u svaku točku posebno.
5. *Spisak mjernih točaka*

U sljedećoj kartici prozora "Mjerna točka" pod nazivom "Način izvedbe", određujemo što će se izvoditi u koraku mjernog postupka, kojeg definiramo s tom mjernom točkom. U rubrici "Vrsta mjerenja" (Vrsta meritve) odabiremo što želimo raditi, a od ponuđenog je, testiranje fotoglava, baždarenje brojila, kontrola registracije brojčanika i sl. Čitava se kartica sastoji od sljedećih dijelova za upis i odabir:

1. *Ime,* služi za orijentaciju u kojoj se mjernoj točki nalazimo.
2. *Vrsta mjerenja,* nudi odabir funkcija, a po želji kupca može se dopuniti sa još opcija (npr. doziranje energije, test semafora, baždarenje sa grijanjem i itd.)
3. *Način izvođenja,* određuje koliko će se vremenski ta točka izvoditi, pod opcije su:
   - *Neprekidno* – bez vremenskog ograničenja.

- *Zaključenje po određenom vremenskom periodu* – moramo navesti koliko će vremenski trajati izvršenje (u sekundama).
- *Vrsta mjerenja* – traje sve dok sustav ne dobije predviđeni broj rezultata.
- *Zaključenje po broju rezultata* – upisujemo u prozorčić "Br. rezultata" koliko rezultata sustav mora ispuniti.
- *Neprekidno + tolerancija* – Najčešće se koristi pri baždarenju i ispitivanju fotoglava, jer se brojilo mjeri sve dok je u propisanim granicama (granice greške, gdje će prestati mjerenje određujemo u kartici (tab-u) "Parametri mjerne točke").

4. *Upotreba rezultata* DA –odabirom ove opcije rezultati će se bilježiti i po želji ispisivati.
   NE – rezultati se neće bilježiti (bilo iz razloga da ne želimo ili da nam to ne treba npr. pri kontroli fotoglava).
5. *Prijelaz na sljedeći MT* – odabiremo *automatski* ili *ručni* prijelaz na sljedeću mjernu točku. (kod redovnog baždarenja, kao u opisivanom slučaju, odabiremo automatski).
6. *Br. rezultata* – određujemo broj rezultata koje sustav mora primiti prije završetka.
7. *Period* – ovdje određujemo koliko će vremena trajati mjerenje (koristi se uz opciju "Način izvođenja" → "Zaključenje po određenom vremenskom periodu").
8. *Formula* – upisujemo formulu koja izračunava rezultat mjerenja.
9. *Pauza* – vrijeme prijelaza između dvije mjerne točke.

U zadnjoj kartici prozora "Mjerna točka" pod nazivom "Parametri mjerne točke" mjernu točku određujemo bez obzira na tip brojila nego na osnovu parametara koji su im zajednički (npr. za brojila sa maksimalnim napajanjem od 60 A ili 100 A koja kontroliramo pri maksimalnom opterećenju) definiramo jednu točku gdje treba navesti da želimo 100% opterećenja nazivne struje. Slično je i sa ostalim standardnim uvjetima za koja nije potrebno precizirati tip brojila. Kartica nam od opcija nudi sljedeće:

1. *Ime* koje nam orijentaciono pokazuje u kojoj se točki nalazimo
2. I_n u postotcima (u padajućem meniju su unaprijed pripremljene vrijednosti npr. $I_{\max}$, $I_{\max}\sqrt{2}$, 100%, 50%, 20%)
3. *Obrtaji/Impulsi* – ovdje podešavamo željeni broj impulsa za mjerenje.
4. *Smjer* – ponuđeno *lijeva* i *desna* (najčešće desna RST0, pri odabiru lijevog smjera, faze se obrnu TSR0).

5. *Granice mjerne točke* izražene u postotcima. Polje je neaktivno u slučaju dinamičke točke i vrijednost je -99,99 do +99,99.
6. *Tarife* – na izboru nam je 8 tarifa, najčešće se odabiru dvije metanjem kvačica).
7. *Cosφ* – određujemo tip opterećenja djelatno, induktivno ili kapacitivno (cosφ=1 se automatski postavlja za djelatno opterećenje).

Nakon pregleda sve tri kartice prozora „Mjerna točka“ analizirat ćemo zadnji, treći odabir prozora “Osnovni“ a to je prozor “Mjerni postupak“. U njemu razvrstavamo upisane mjerne točke po tekućim brojevima, onako kako će se izvoditi u toku mjerenja. Prozor “Mjerni postupak“ nudi tri kartice “Osnovni (2)“, “Lista“ i “Obrada protokola“.

Mjerni postupak “Osnovni(2)“ u prozoru nudi četiri izbora:

1. *Ime* - riječ je o imenu mjernog postupka pod kojim su pohranjeni parametri u bazi podataka (ime se pravilno sastavlja na način da se iz imena vide karakteristični podaci. U našem baždarenju bi bilo, BAŽDARENJE_EBT95*230V_10-60A).
2. *Komentar* – po potrebi dodatno objašnjenje postupka u izvedbi.
3. *Tip brojila* – obavezan podatak, koji uzimamo iz ponuđenog spiska. U našem slučaju baždarenja gdje imamo tri različite vrste brojila, odabiremo onu vrstu koja je prva montirana na fiksni stalak (EBM 95).
4. Dugme koje omogućuje upis novog tipa brojila.

Druga kartica nosi naziv “Lista“ . Prozor te kartice je podijeljen na tri dijela. Gornja dva dijela (prozorčića) lijevi pod nazivom mjerna točka i desni pod nazivom Lista (spisak), služe za sastavljanje redoslijeda i funkcija u mjernom postupku kojega želimo izvesti. To se radi na način da se u lijevom prozoru odaberu mjerne točke, te se dugmetom “Dodaj“ prenesu u desni prozor. Redoslijed odabranih mjernih točaka možemo mijenjati klikom na dugme “Gore/Dolje“. Donji prozor pod imenom Funkcije omogućuje umetanje pojedine funkcije između mjernih točaka. Funkcije korisnik sam ne može definirati, one su unaprijed zadane. Funkcije mogu biti upisi ili čitanja iz ručnog terminala, komunikacija sa mjernim stanicama, ispisivanje trenutnog protokola, pohranjivanje rezultata mjerenja, proračuni i sl.

Najvažnije stavke prozora ove kartice su:

1. Mjerne točke – riječ je o spisku mjernih točki a one su sljedeće:
   - tip točke DT – dinamička (baždarna), KT – konstantna (kontrolna)
   - naziv mjerne točke
   - I_n u postotcima
   - Faze, koje nastupaju u mjerenju

- Cosφ
- Donja granica
- Gornja granica

2. Lista – ovdje je riječ o spisku točaka koje čine mjerni postupak, a spisak je numeriran.
3. Tolerancije – pritiskom na ovu tipku određujemo granice samo kod dinamičkih točaka

Ostalo su razne tipke za dodavanje ili uklanjanje točke ili funkcije, dugme za pomicanje točaka i funkcija po spisku i sl.

I treća, posljednja, kartica naziva "Obrada protokola" nam nudi sljedeće najvažnije opcije vezane za obradu i pohranu mjernih rezultata:

1. *Lokalna* – u kvadratu pod ovim imenom nude nam se četiri opcije odabira metanjem kvačica pored izbora rezultata koje želimo pohraniti. Opcije su: dobra brojila, loša brojila, statistika, KSM. Ispod je mogućnost rezervne pohrane.

Dodatne funkcije kod zaključka mjerenja je naziv kvadrata u kojem odabiremo koje ćemo akcije izvesti po zaključenju mjerenja (print dobrih, loših brojila, izračun, protokol dobrih, loših brojila i sl. Ispod je mogućnost odabira printanja podataka mjernog postupka, kao i opcija zaključka mjerenja. Kada brojila samo baždarimo, a ne trebaju nam podaci mjerenja, tada nije potrebno uključiti funkciju zaključenja mjerenja. Zaključenje mjerila koristimo samo pri kontroliranju točnosti brojila (kada radimo izvješće za kontrolora baždarenih brojila iz državnog zavoda za mjeriteljstvo, kako su kontrole dva to tri puta tjedno, ova opcija se stalno koristi).

PRILOG 3.

Daljinsko očitanje i upravljanje (AMR/AMM)

Liberalizacijom tržišta Vijeće za regulaciju energetskih djelatnosti je krajem listopada 2003. godine prihvatilo sva tržišna pravila i time su nastale velike promjene u području opskrbe električnom energijom. Od 2008. godine tržište električne energije je u potpunosti otvoreno. Električna energija, koja je prije bila javna usluga danas je postala robom, kojom se trguje na otvorenom tržištu. Operator distribucijskog sustava, opskrba i kupci vezani su ugovornim odnosima za prodaju električne energije. Osnovu i polazište za trgovanje električne energije predstavljaju točni i autentični podaci o izmjerenim količinama potrošene električne energije. Nova tehnološka rješenja elektroničkih brojila električne energije omogućuju primjenu suvremenog načina komunikacije, daljinskog očitanja, prihvata parametara kvalitete električne energije, pohranjivanje i analiza istih bez pristupa čovjeka brojilu.

Općenito o daljinskom očitanju i upravljanju AMR/AMM

Automatsko očitanje brojila (Automatic Meter Reading) podrazumijeva daljinsko prikupljanje podataka sa brojila, tj. očitanje brojila bez fizičkog ili vizualnog pristupa brojilu. Danas elektroprivrede rade, ne samo na uvođenju, nego i nadogradnji AMR sustava naprednijim pod nazivom AMM (Automatic Meter Menagement). AMM omogućava prikupljanje, pohranjivanje i obradu podataka o protoku električne energije kao i drugih energenata (toplinska energija, plin, voda itd.) u industriji i kućanstvu neovisno o raznim protokolima, tj. koristeći otvorene ili unificirane protokole (kao npr. DLMS/COSEM).

Prednosti AMR/AMM sustava

Prednosti AMR/AMM sustava su:

a) smanjenje troškova očitanja:

očitanje se vrši šestomjesečno za kupce kategorije kućanstvo (cca. 3.8 milijuna očitanja godišnje), mjesečno za ostale kupce (poduzetništvo, visoki i srednji napon, te javna rasvjeta cca. 2.3 milijuna očitanja godišnje). Uzmemo li da prosječan trošak po očitanju iznosi 2 kn dobit ćemo cca. 12.2 milijuna kuna godišnje. Uvođenjem sustava za automatsko očitanje, brojila mogu se postići značajne uštede. Smanjuje se dosadašnja potreba za ljudskom radnom snagom, smanjuju se ujedno troškovi korištenih vozila, troškovi radne odjeće, obuće i sl.

b) mogućnost očitanja teško dostupnih brojila:

kod priključaka koji su davno izrađeni, mjerno mjesto (brojilo) je smješteno unutar posjeda (kuće, stana) i na neadekvatnom mjestu, te pristup tim brojilima nije uvijek moguć (vlasnik u većini slučajeva nije prisutan u trenutku očitanja brojila). Tada je potreban ponovan dolazak djelatnika za očitavanje čime se povećavaju troškovi očitanja.

c) poboljšanje usluga i zadovoljstvo kupca:

u tržišnom uvjetu poslovanja zadovoljstvo kupca je jedan od ključnih faktora. Stari način obračuna potrošnje električne energije zasnivao se na izdavanju računa (akontacija) na temelju procjena, čime bi bile prisutne stalne žalbe kupaca, zahtjevi za korekcijom obračuna i sl. AMR – sustav omogućava češća očitanja, a obračun se temelji na stvarnoj potrošnji, povećava se točnost očitanja zbog smanjenja grešaka uzrokovanih ljudskim faktorom, omogućava dobivanje upozorenja o mogućim kvarovima na mjernim uređajima i sl.

d) promjena cijena u stvarnom vremenu koristeći razne tarifne modele:

AMR/AMM omogućuje uvođenje promjenjivih tarifa (nekoliko dnevnih tarifa, vikend tarife i sl.). Različiti tarifni modeli mogu stimulirati kupce da troše električnu energiju u vrijeme nižeg opterećenja elektroenergetskog sustava, što je u obostranom interesu.

e) smanjenje vremena od očitanja do obračuna:

drastično se skraćuje vrijeme koje se do sad gubilo od vremena izrade očitačkih listi, vremena potrebnog za očitanje, potrebne ponovne obilaske neočitanog i vremena koje se moralo utrošiti za ručno unošenje očitanih stanja u sustav.

f) poboljšano otkrivanje neovlaštene potrošnje (krađe) energije:

Osim svega spomenutog AMR/AMM omogućuje i sljedeće:

a) limitiranje priključene snage kupaca:
- uređajem za mjerenje snage kod priključne snage iznad 30 kW
- limitatorom kod priključne snage ispod 30 kW

b) poboljšanje naplate:
- brojila sa funkcijom samonaplate

c) daljinsko uključenje i isključenje:
- preko sklopke ugrađene na brojilo

d) praćenje kvalitete isporuke električne energije:
- broj i trajanje prekida, kvaliteta napona i dr.

Elektronička brojila imaju mogućnost slanja alarma u slučaju nestanka napona kao i pohranu osnovnih podataka o kvaliteti napona. Daljinskim upravljanjem moguće je identificirati prekid napajanja i smanjiti broj izlazaka na teren.

e) kupcima se daje mogućnost pristupa podacima:

f) upravljanje inteligentnim aparatima u kućanstvu:

g) automatizacija distribucije:

Opis i dijelovi sustava

Sustav za daljinsko očitavanje može raditi na dva osnovna načina:

a) izravna komunikacija

b) komunikacija putem električne mreže (PLC/DLC)

Izravna komunikacija

Komunikacija sa elektroničkim brojilima vrši se preko različitih protokola:

- IEC 62056 -21 (prije IEC 1107, zatim IEC 61107)
- IEC 62056 -31 [EURIDIS], (prije IEC 1142)
- IEC 60878 – 5 – 102
- IEC 62056 – 46 [DLMS], (prije IEC 61334 – 1 -41)
- FTP (protokol za prijenos na el.mrežama)
- NTP
- TCP/IP
- SNMP
- SOAP

Komunikacija se odvija izravno preko komunikacijskih sučelja:

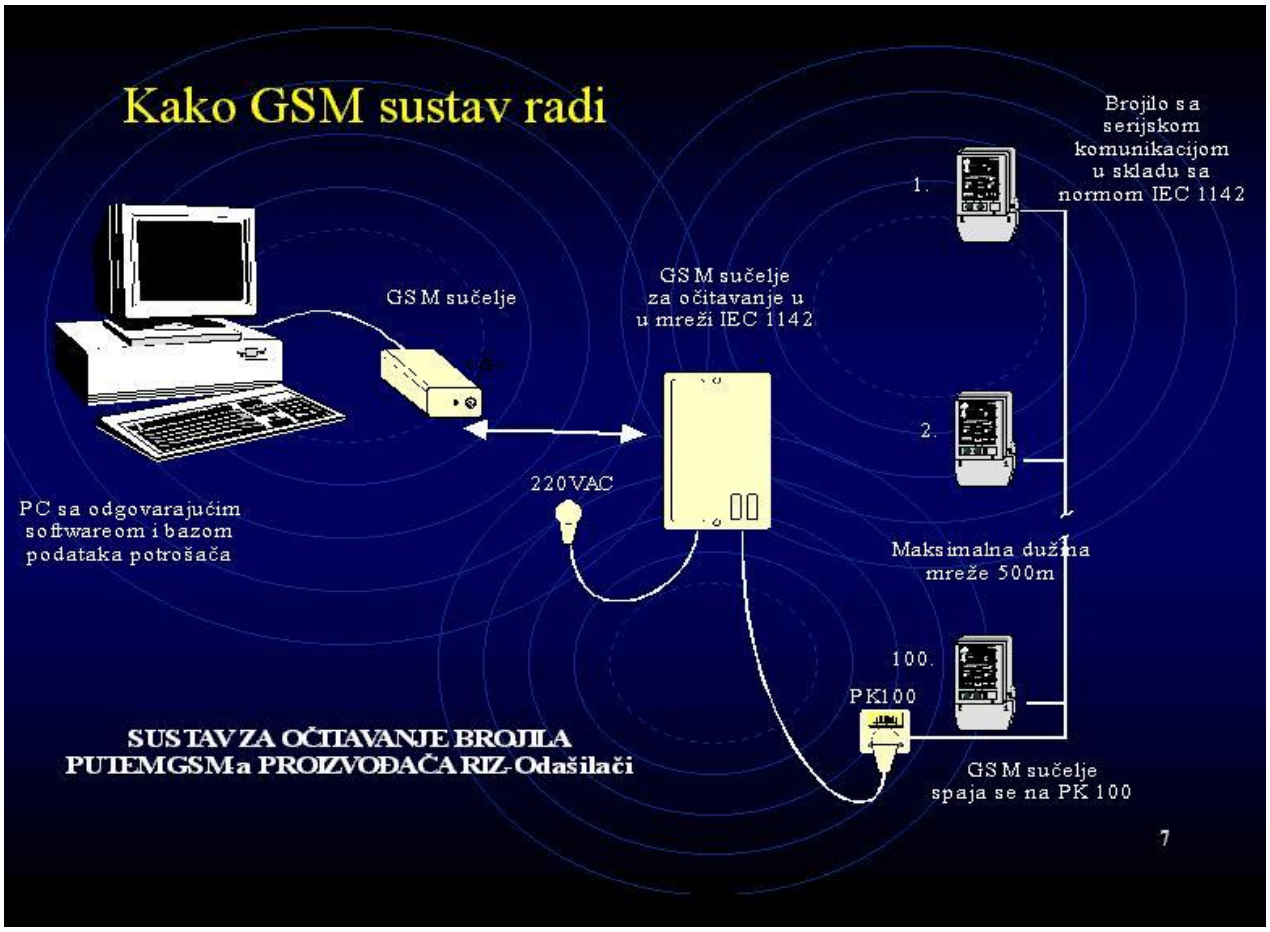
- RS 232
- RS 484
- RS 485
- CS (strujna petlja)
- Infracrveno optičko sučelje

Komunikacija se bežično može uspostaviti preko komunikacijskih modema:

- GSM/GPRS
- Ethernet
- PSTN
- ISTN
- DLC (modem za komunikaciju el.vodovima)

Od novijih načina AMR u mreži HEP-a je najčešće korištena GSM/GPRS komunikacija, ali ima i nekoliko manjih pilot projekata ugradnje pametnih brojila sa PLC komunikacijom.

GSM sustav



Sl. 3. Prikaz *GSM* sustava *RIZ*, [8].

Nakon rata, u Hrvatskoj počinje obnova oštećenog elektroenergetskog distributivnog sustava. Primarni zadatak obnove bio je korištenje novih, modernih rješenja i tehnologija. U području mjeriteljstva to je značilo primjenu pametnih elektroničkih brojila sposobnih za komunikaciju putem GSM i PSTN tehnologije.

Telekomunikacijski sustav GSM (Global System Mobile) originalno je predviđen za mobilne komunikacije, no pokazao je svoje prednosti i kod stacionarnih uređaja jer ne zahtjeva fiksnu fizičku liniju za vezu. Svoju primjenu pronašao je u svrhu čitanja i programiranja brojila kod kupaca kategorije kućanstvo, te kupaca iz kategorije poduzetništva na niskom naponu koji imaju više mjernih mjesta grupiranih na istoj lokaciji. U lokalnu žičanu mrežu spaja se do 100 brojila simetrično, telefonskom linijom, a čita se putem posebnog sučelja (PK 100 priključna kutija – magnetska sonda) i primopredajnika informacija (ručnog terminala ili GSM modula i stolnog PC-a ili prijenosnog računala)



Sl. 4. Komunikacijski *GSM* modul *IEC* 1142 proizvođača *Riz Zagreb*
Omogućuje programiranje i očitavanje jednog ili grupe mjernih uređaja putem magnetske sonde i priključne kutije PK-100



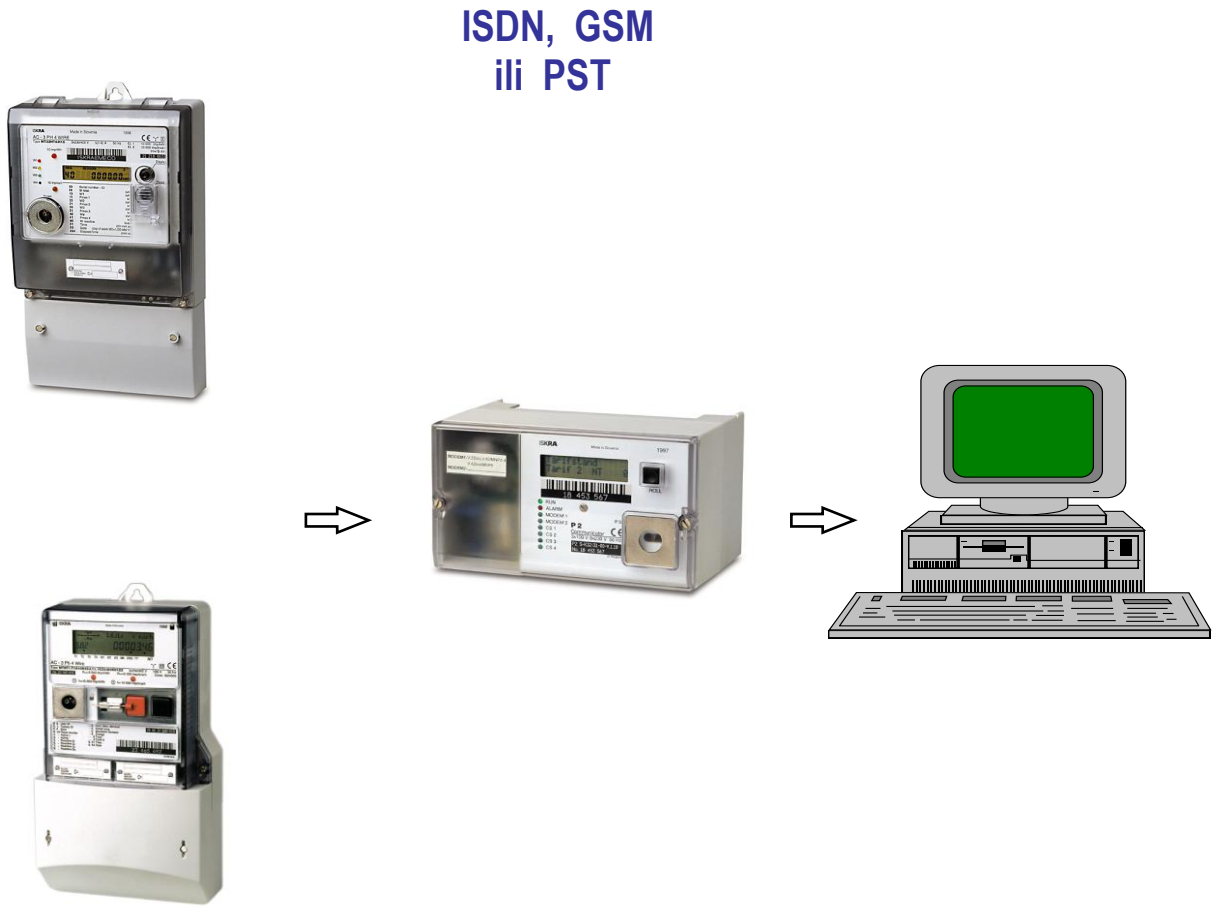
Sl. 5. Koncentrator za očitanje do *100* brojila
sa jednog mjesta, ručno ili daljinski sa modemom



Sl. 6. *GSM* modem tvrtke Microstar za očitavanje brojila proizvođača RIZ , Iskraemeco i Siemmens

Sustav Microstar, cijenom i karakteristikama, nadopunjava se u međuprostor između komunikatora RIZ, koji su pretežno za široku potrošnju i modema Iskra, koji su zamišljeni za velike potrošače na srednjem i visokom naponu. Nije potrebno nikakvo planiranje, već se jednostavno pored brojila koje želimo daljinski očitati ugrađuje modem i stavi sonda. Ovim

modemom ne može se parametrirati nego samo očitavati brojilo. Očitanja stižu putem SMS komunikacije na računalo ili pak na ovlašteni mobitel. Očitava sva elektronska brojila Iskra, Riz i Siemens. Namijenjen je za pojedinačno očitanje većih potrošača na niskom naponu-crveni tarifni model kao i za srednje naponske potrošače gdje ovaj nivo komunikacije zadovoljava.



Sl. 7. Komunikacijski modem proizvođača Iskraemeco

Komunikator P2C/PSTN koristi se za fiksnu telefonsku mrežu, a *komunikator P2C/GSM za* mobilnu mrežu

Ovi komunikatori namijenjeni su očitavanju velikih potrošača, putem fiksne ili mobilne telefonske mreže ili čak putem kabelske mreže. Komunikacija između modema i brojila odvija se pak putem standardnih sučelja RS232, RS485 ili putem CS petlje. Svaka varijanta ima svoje prednosti i nedostatke. Za razliku od prethodnih modema koji primaju i šalju SMS poruke, ovaj koristi komunikacijski kanal, pa je moguće u oba smjera prenijeti puno veću količinu podataka kao što su krivulje tereta, knjiga događaja, izlistanje svih parametara i velikog broja registara za sva četiri kvadranta energije i snage, i normalno, parametriranje svih postavki koje brojilo ima. Komunikator se montira na brojilo ili pored njega i za brojilo se veže isključivo komunikacijskim kabelima. Na jedan komunikator moguće je vezati od 2 do 30 brojila, u

ovisnosti od vrste brojila, odnosno, modema i duljine vodova. U tom slučaju treba unaprijed planirati komunikacijske vodove između mjernih mjesta.

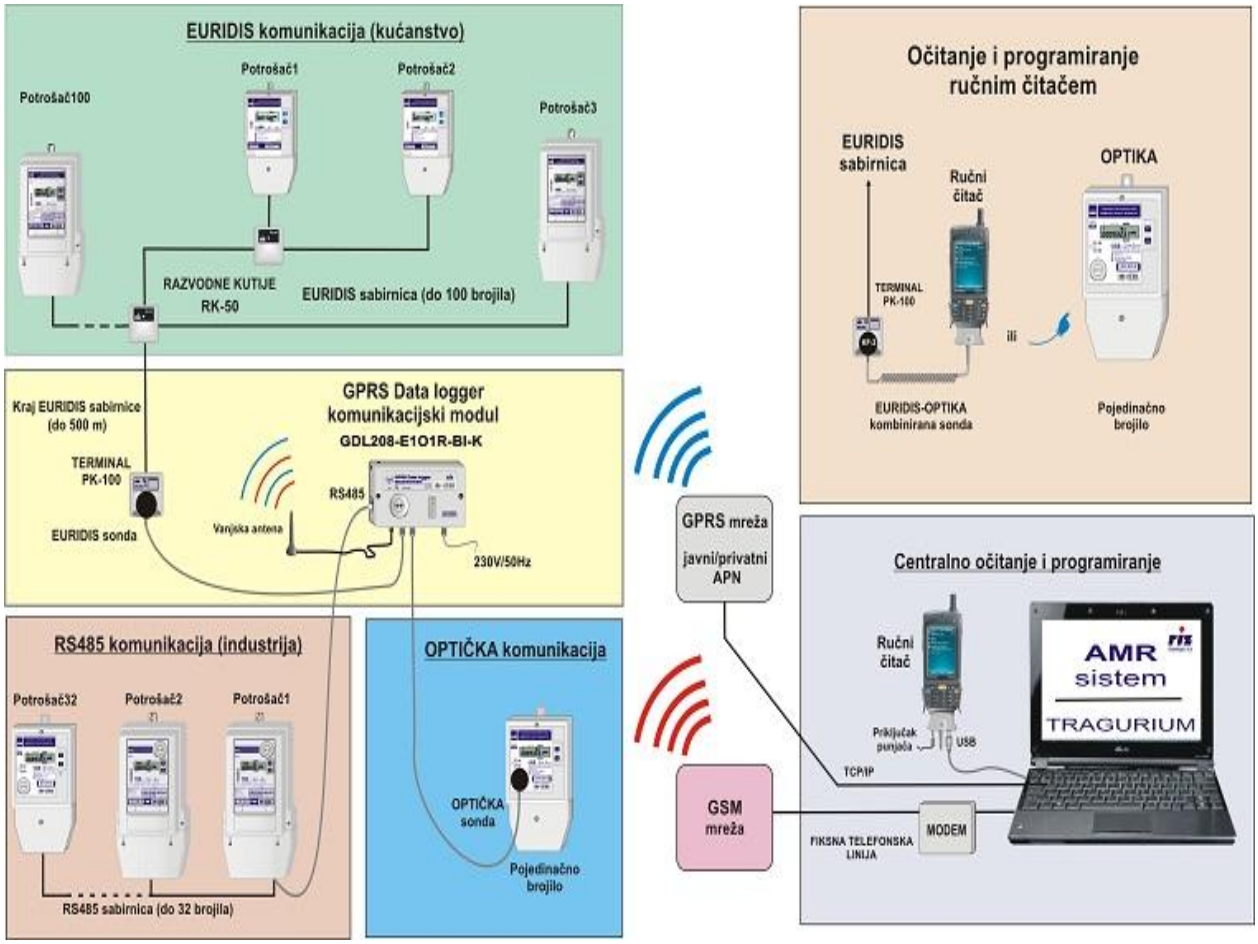


Sl. 8. Izgled komunikacijskog modema Iskra P2C/GSM montiranog na brojilo MT 851 [8].

Komunikacijski modem ne mora nužno biti ugrađen na brojilo, nego može biti i pored brojila, pa je kod narudžbe potrebno naglasiti da poklopac mora biti za montažu na brojilo, odnosno pored brojila.

EURIDIS komunikacija

U velikoj mjeri je prisutno i programiranje elektroničkih brojila serijskom komunikacijom EURIDIS (koristi OBIS identifikaciju podataka). EURIDIS omogućuje brzo i efektivno umrežavanje brojila do 232 komada, spojenih na Euridis i RS485 sabirnici. Podaci iz brojila se periodično očitavaju, u vremenskom intervalu definiranom komunikacijskim modulom i pohranjuju u internu 2GB SD memoriju spremni za isporuku preko GPRS mreže.



Sl. 9. EURIDIS sustav AMR komunikacije

Sabirnice za elektromagnetsko očitavanje brojila ne zahtijevaju napajanje. EURIDIS + je noviji nadograđeni standard koji podržava DLMS/COSEM protokol.

Daljnjim napredovanjem moderne mjerne i komunikacijske tehnike došli smo do razvoja pametnih brojila, sa tzv. modularnom strukturom koja omogućava uporabu različitih mjernih i komunikacijskih naprava, jednostavnim umetanjem odgovarajućeg modula u brojilo.

S različitim modulima može se brojilu mijenjati broj ulaza/izlaza, kao i ugrađivati različita komunikacijska sučelja i/ili modeme.

Ulazno/Izlazni i komunikacijski modul:



a) b)

Sl. 10. a) Ulazno/Izlazni modul (Iskra), b) Komunikacijski modul (Iskra)

Kad se ulazno-izlazni modul ugradi u brojilo, mikroračunalo brojila prepozna koji ulazno-izlazni modul je ugrađen u brojilo i automatski počne koristiti njegove upravljačke ulaze i/ili izlaze (plug & play)

Komunikacija preko energetskih vodova (PLC/DLC)

Komunikacija elektroenergetskim vodovima PLC (Power Line Carrier), odnosno DLC (Distribution Line Communication), upotrebljava se u elektroprivrednoj djelatnosti od samih početaka elektrifikacije, jer je uočena mogućnost elektroenergetskih vodova za komunikaciju podacima. Razlog je u činjenici da elektroenergetska mreža spaja sve komponente i lokacije odvijanja elektroenergetskih procesa, pa je samim tim i dobar prijenosni medij za potrebe komuniciranja podacima unutar elektroprivrede. U početku se PLC koristio u visokom naponu, pa je još ta skraćenica u literaturi prisutna i označava općenito komunikacije na električnoj mreži, a za koju je primjerena skraćenica DLC.

Još 30-ih godina prošlog stoljeća srednjenaponska i niskonaponska mreža počele su koristiti mrežno tonfrekventno upravljanje MTU. Zadnjih tridesetak godina prošlog stoljeća istraživanje se usmjerilo na funkcije automatizacije distribucije, kao što su daljinsko očitanje brojila AMR, selektivni nadzor opterećenja i upravljanje krivuljom opterećenja. Danas, u uvjetima dereguliranog tržišta električne energije, sve više raste značaj PLC-a jer omogućava prednost pred konkurencijom, posebice za AMR.

S obzirom na naponsku razinu primjene, kao i frekvencijsko područje, PLC možemo klasificirati s obzirom na frekvencijsko područje na uskopojasno i širokopojasno.

Uskopojasni PLC je potpuno obuhvaćen regulativom, dok područje uporabe širokopojasnog PLC-a još nije u potpunosti regulirano, zbog pojavljivanja elektromagnetskih smetnji u funkcioniranju telekomunikacija, radijske opreme i drugih korisnika frekvencija.

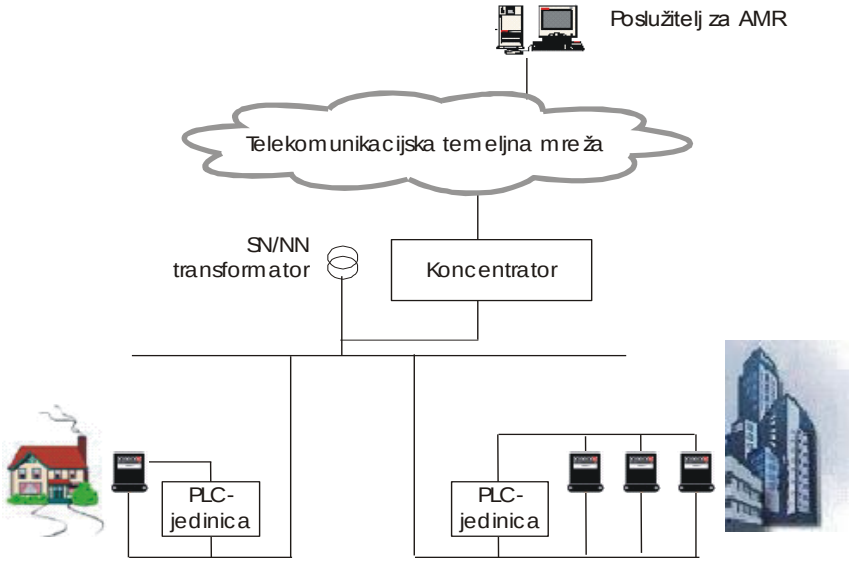
Oprema za uskopojasni PLC dostupna je na tržištu i ima oznaku CE koja jamči sukladnost sa odgovarajućim europskim normama i može se upotrebljavati u RH. S razvojem širokopojasnog PLC-a povezane su i neke teškoće, ali u rješavanje je uključen i niz proizvođača koji razvijaju vlastita rješenja, te niz normizacijskih organizacija.

Ostvariva brzina prijenosa informacija kroz širokopojasni PLC je reda veličine 10 Mbit/s, dok brzina uskopojasnog PLC-a je svega 2400 bit/s. Zahtjeve koje postavljaju distribucije za prijenos podataka AMR/AMM sustavima, s obzirom na količinu i brzinu prijenosa podataka, zadovoljava i uskopojasni PLC.

Širokopojasni PLC je više okrenut prema pružanju telekomunikacijskih usluga, kao što su:

- brz pristup Internetu,
- elektroničko trgovanje, elektronička pošta, elektroničko bankarstvo itd.
- telefonija preko Interneta,
- videokonferencije,
- sigurnosni sustavi,
- zabava i rad na daljinu.

Elektroprivredama ove usluge znače priliku za dodatnu zaradu.



Sl. 11. Arhitektura AMR-sustava ostvarenog preko uskopojasne PLC-mreže

Među trenutno najvažnijim uslugama za podržavanje elektroprivredne djelatnosti, koje se pružaju putem PLC-a najznačajniji je sigurno AMR, odnosno AMM.

Sustav za daljinsko očitanje brojila kod kućanstva preko niskonaponske (NN) mreže se sastoji od:

a) brojila el. energije opremljenim DLC modemom,

b) koncentratora koji prikuplja podatke iz brojila preko NN mreže

c) softvera za prikupljanje podataka sa svih koncentratora.

Elektronička brojila su opremljena sa komunikacijskim kanalima:

- optičko sučelje po IEC-62056-21 protokolu,
- DLC modem po DLMS/COSEM protokolu i
- M – sabirnica.

Za lokalno namještanje parametara i očitavanje podataka sa brojila služi optičko sučelje. DLC modem služi za daljinsku dvosmjernu komunikaciju brojila sa koncentratorom podataka, i preko jedne faze je priključen na NN mrežu.

DLC radi u frekventnom pojasu od 9 kHz do 95 kHz koji je namjenski rezerviran za prijenos podataka preko NN mreže.

Brzina komunikacije DLC-a s koncentratorom je od 300 – 1200 bit/s.

Koncentrator je središnji uređaj uskopojasnog PLC sustava, to je računalo bazirano na Microsoft Windows OS. Obično se ugrađuje u transformatorske stanice, na niskonaponskoj strani, ali zbog eventualne potrebe za boljom komunikacijom, odnosno pristupom, može se ugraditi i na druga mjesta.

Koncentrator s brojilima komunicira preko ugrađenog DLC modema (na sve tri faze) i može očitavati podatke s 1024 brojila.

U definiranim vremenskim razmacima (najčešće 15-minutni intervali) koncentrator očitava podatke sa brojila i pohranjuje ih u memorijsku karticu, gdje se osim očitanih podataka nalazi i sam program.

Koncentrator sa obračunskim centrom komunicira preko ugrađenog GSM komunikacijskog modema ili preko Etherneta. U obračunskom centru podaci prikupljeni s brojila skupljaju se u softveru, koji služi za očitavanje komunikatora.

Brzina prijenosa podataka ovisi o trenutnim prilikama u NN mreži, impedanciji mreže, rastojanju između brojila i koncentratora podataka, osim toga i područje koje može pokrivati jedan koncentrator je teško procijeniti, obično iznosi za urbane gradske mreže oko 500 m, a za ruralne seoske oko 2000 m.

Da bi se ostvarila potpuna automatizacija procesa PLC (DLC), ugrađeni algoritmi u koncentratorima omogućavaju automatsko prepoznavanje i instaliranje novih brojila, kao i automatsko konfiguriranje PLC komunikacijske mreže.