

**INDUSTRIJSKO OBRTNIČKA ŠKOLA
MLETAČKA 3, PULA**

PREDAVANJA IZ PREDMETA

ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Poglavlje 1: Brojila električne energije

Zanimanje: elektroinstalater JMO, 3. godina



PREDAVAČ: RADOVANOVIĆ DRAGAN

BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE

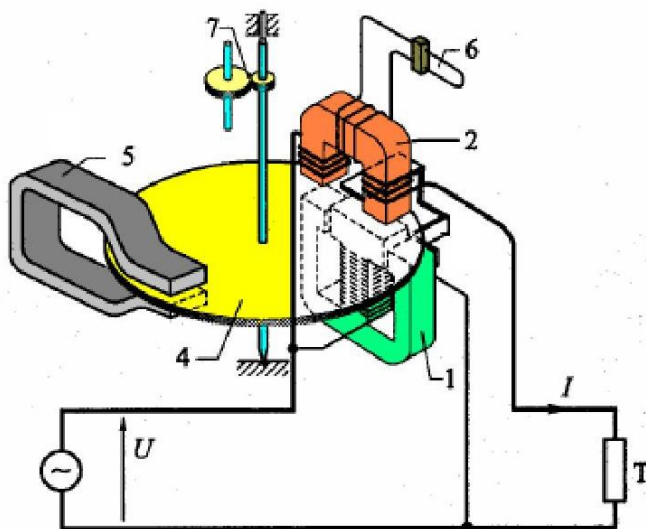
VRSTE BROJILA I PRINCIP RADA

Brojila električne energije koriste se u električnim instalacijama za evidentiranje potrošene električne energije koja se plaća po unaprijed utvrđenoj cijeni. Radi se o mjernim uređajima čija preciznost spada u klasu 1 tj. najveća greška koja se dopušta je $\pm 1\%$. Postoji nekoliko principa na kojima rade brojila od kojih danas koristimo indukcijska motorna brojila i digitalna brojila. Indukcijska brojila su u stvari mali asinkroni motori čija brzina okretanja ovisi o količini energije koja se trenutačno troši.

Brojila možemo podijeliti s obzirom na:

- | | |
|-------------------------------|---|
| a) vrstu energije: | - istosmjerna brojila
- izmjenična brojila |
| b) vrstu izmjenične energije: | - brojila radne energije
- brojila jalove energije |
| c) broju faznih vodiča: | - jednofazna brojila
- trofazna brojila |
| d) prema načinu rada | - el. motorna (indukcijska)
- digitalna
- hibridna (motorna s digitalnim brojačem) |
| e) prema broju tarifa | - jednotarifna
- dvotarifna
- kombinirana (2 tarife radne i 1 tarifa jalova energije) |

Dijelovi el.motornog brojila

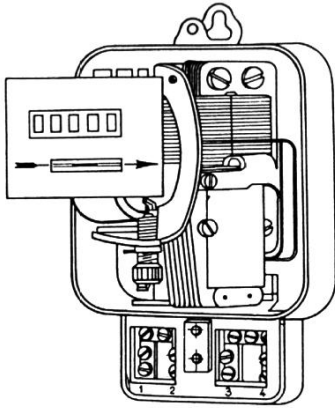


1. Naponski svitak s željeznom jezgrom
2. Strujni svitak s željeznom jezgrom
4. Okretna aluminijska pločica
5. Permanentni magnet za kočenje
6. Svitak žice za podešavanje $\cos \varphi$
7. Zupčasti prijenos za mehanički brojač

Dijelovi koji nisu na slici:

- Mehanički brojač
- Natpisna pločica
- Priključne stezaljke s poklopcem
- Kućište s poklopcem

Princip rada indukcijskog el. motornog brojila:



Princip rada objasniti ćemo na najjednostavnijem jednofaznom električnom brojilu. Treba prvo pogledati formulu za rad električne energije koja glasi:

$$W = U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot t \quad (\text{kWh})$$

Na osnovu te formule gradi se brojilo jer ono treba bilježiti potrošenu električnu snagu kroz proteklo vrijeme tj. el. energiju. Za mjerenje treba imati podatak o jačini struje i visini naponu te faktoru snage $\cos \varphi$.

Zato svako brojilo ima dva svitka (zavojnice). Prvi svitak je naponski kojeg priključuju paralelno na fazni i nulti vodič. Stvara magnetsko polje proporcionalno naponu napajanja. Svitak se izvodi od velikog broja zavoja vrlo tanke žice. Ima veliki otpor i kroz njega teku jako male struje, čak i kad na brojilo nisu priključena trošila. Drugi svitak je strujni i stvara magnetsko polje proporcionalno ukupnoj struji koja teče prema trošilima. Priključuje se serijski u fazni vodič. Ima mali otpor i radi se od malog broja zavoja žice velikog promjera. Kroz njega teku struje samo kad je uključeno nekakvo trošilo. Između svitaka, koji su smješteni jedan iznad drugog, nalazi se okrugla aluminijska pločica na ležajima koji dozvoljavaju okretanje. Zajedničkim djelovanjem naponskog i strujnog magnetskog polja dolazi do okretanja pločice. Pločica preko mehanizma okreće brojač koji evidentira broj okretaja tj. utrošak energije. Osim tih dijelova postoji i stalni magnet koji zaustavlja pločicu kad se prekine potrošnja da se ne bi okretala zbog inercije. Postoji i petlja kojom se namješta $\cos \varphi$.

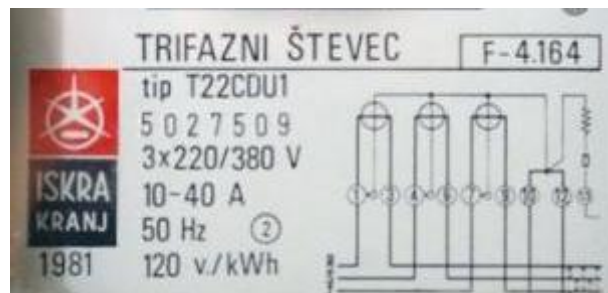
Brojilo pripada u mjerne uređaje pa se pažljivo proizvodi, povremeno kontrolira njegova ispravnost i baždari radi preciznosti. Mjesto na kojem se brojilo postavlja mora biti pristupačno, a brojač vidljiv radi očitavanja. Danas se postavljaju u posebne mjerne ormariće s prozorčićem u zajedničkom hodniku objekta ili ispred ulaza u kuću.



Radovi na mjernom ormaru

Svako brojilo ima natpisnu pločicu na kojoj moraju biti navedeni sljedeći podaci:

- **pogonski napon** (220 V ili 3 x 220/380 V)
- **nazivna struja** koju može brojilo trajno voditi bez opasnosti od kvara. Vrijednosti struje su standardizirane i iznose za:
 - jednofazna brojila: 1.5, 3, 5, 10, 20, 30 i 50 A
 - trofazna brojila: 3, 5, 7.5, 10, 20, 30, 50, 75 i 100 A.Jakost struje za brojilo određena je promjerom žice strujnog svitka jer u slučaju prevelike struje može taj svitak pregorjeti. Stoga se svako brojilo mora zaštititi posebnim osiguračem.
- **konstanta brojila** - to je broj okretaja koje napravi pločica da bi prikazala 1 kWh na brojaču (iznosi od 300 do 750 okr./kWh). Brojanjem okretaja pločice u nekom vremenskom periodu može se odrediti snaga trošila priključena na brojilo.
- **nazivna frekvencija** napona i struje (50 ili 60 Hz).
- **ostali podaci:** ime proizvođača, tip brojila, serijski broj, godina proizvodnje, shema spajanja, potvrda ispravnost (A – test)

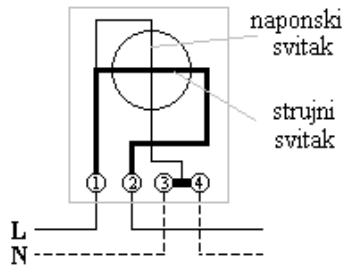


Natpisna pločica brojila

Najviše koristimo izmjenična brojila radne energije, dok se brojila jalove energije koriste u industriji. Istosmjerna brojila se više ne koriste. Kod evidencije utroška električne energije na mjestima gdje su naponi i struje previsoki za direktno spajanje brojilo se priključuje preko mjernih transformatora. To znači da se napon i struja precizno nekoliko puta smanje i spoje na obično brojilo koje prikazuje smanjene vrijednosti.

Brojilo postavlja, kontrolira i popravlja elektrodistributivno poduzeće u sklopu HEP-a. Radi sprečavanje zloupotrebe brojila radi krađe struje svako brojilo ima blokirane vijke (tzv. plomba) za poklopac brojila i za poklopac stezaljki brojila. Nekada su se koristile olovne prešane blokade, a danas se koriste PVC blokade. Zelene blokade su za fizičke osobe (građane), a žute blokade su za pravne osobe (industriju, obrtnike, poslovne prostore...).

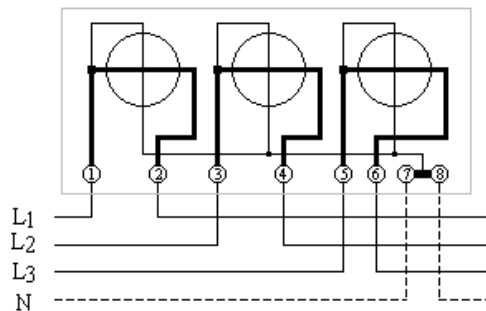
JEDNOFAZNO IZMJENIČNO BROJILO



Jednofazno brojilo

Koristi se u električnim mrežama sa jednofaznim kućnim priključkom: kućanstva, uređi, poslovni prostori te za evidentiranje potrošnje kod diriganog priključka. Za spajanje postoje četiri stezaljke. Na prvu stezaljku dovodimo fazni vodič iz mreže, a sa druge odvodimo fazni vodič na razvodnu ploču. Na treću stezaljku dovodimo nulti vodič, a sa četvrte ga odvodimo na razvodnu ploču. Prema propisima brojilo trebamo postaviti prije razvodne ploče na glavni vod napajanja da se evidentira ukupna energija koja prolazi i potrebno je imati poseban osigurač (obično na glavnom razvodnom ormariću) koji će štiti brojilo od prevelikih struja.

TROFAZNO ČETVEROVODNO BROJILO



Trofazno 4-vodno brojilo

Trofazno četverovodno brojilo koristimo u nesimetričnim trofaznim mrežama na koje priključujemo jednofazna ili nesimetrična trofazna trošila. To je slučaj u kućanstvima ili poslovnim objektima gdje se ne koristi puno trofaznih trošila već više jednofaznih. Potrebno je kod spajanja razvodnog ormarića ukupnu snagu svih trošila ravnomjerno rasporediti tako da opterećenje sve tri faze bude podjednako, ali potrebno je obavezno imati i nulti vodič. Takvo brojilo ima tri okretne pločice na istoj osovinu i tri sistema naponskih i strujnih svitaka, ali samo jedan brojač. Novija brojila tri sistema svitaka smještaju na dvije okretne pločice. Postoji osam stezaljki za priključenje. Na prvu, treću i petu stezaljku dovodimo fazne vodiče s glavnog voda, a sa druge, četvrte i šeste stezaljke fazne vodiče odvodimo na razvodnu ploču tj. prema trošilima. Na sedmu stezaljku dovodimo nulti vodič, a sa osme stezaljke ga odvodimo.

BROJILO JALOVE ENERGIJE

Jalova energija je posebni dio ukupne izmjenične energije koji se tokom rada ne troši na uređajima nego se vraća nazad u mrežu. Međutim, zbog potrebe za tom energijom vodiči se ne mogu potpuno opteretiti jer jedan dio ukupne struje u kabelu napajanja zauzima jalova struja. Takva energija i struje koriste se za održavanje električnih ili magnetskih polja u trošilima.

Jalova električna energija računa se po formuli:

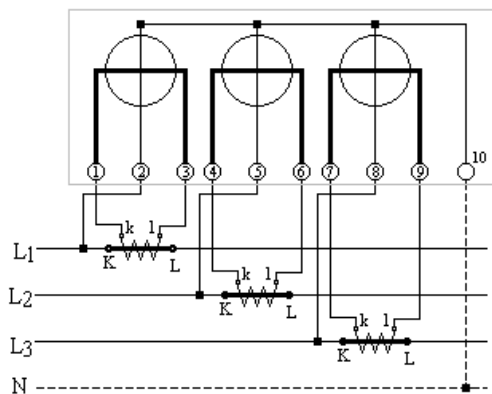
$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \cdot t \quad (\text{kVArh})$$

U kućanstvima je količina jalove energije relativno mala te je zanemariva, ali u industriji gdje postoji puno elektromotora i transformatora većih snaga jalova energija

nije nebitna. Za potrošače koji imaju znatni udio u stvaranju jalove snage HEP određuje obavezu postavljanja posebnog brojila jalove snage.

Jalova brojila rade se u trofaznoj izvedbi i spajaju se na stezaljke izvodi se slično brojilu radne snage samo su spojevi svitaka u brojilu drugačiji. Kod digitalnih trofaznih brojila nije potrebno postaviti dva zasebna brojila (radna i jalova energija) nego isto brojilo evidentira obje vrste energije u zasebne memorije uređaja.

SPAJANJE BROJILA PREKO STRUJNIH MJERNIH TRANSFORMATORA (POLUINDIREKTNI SPOJ)



**Poluindirektno spojeno
trofazno brojilo**

omjerom mjernih transformatora radi preračunavanja. Brojilo ne prikazuje točnu već smanjenu vrijednost energije.

U energetici se koriste i potpuno indirektna brojila koja osim strujnih imaju i naponske mjerne transformatore za smanjenje prevelikih napona.

Za objekte gdje su vrlo velika opterećenja te ne postoji brojilo koje se može direktno priključiti za mjerenje energije koriste se posebna brojila indirektno spojena preko strujnih mjernih transformatora. Takva brojila imaju veći broj stezaljki jer su naponske i strujne stezaljke odvojene, a strujni svitak je napravljen za struje do 5 A, jer su to standardne vrijednosti sekundarnih struja strujnih transformatora.

Naponske stezaljke spajaju se direktno na vodiče napajanja, a strujne indirektno na strujne transformatore. Na brojilu mora postojati pločica s navedenim prijenosnim

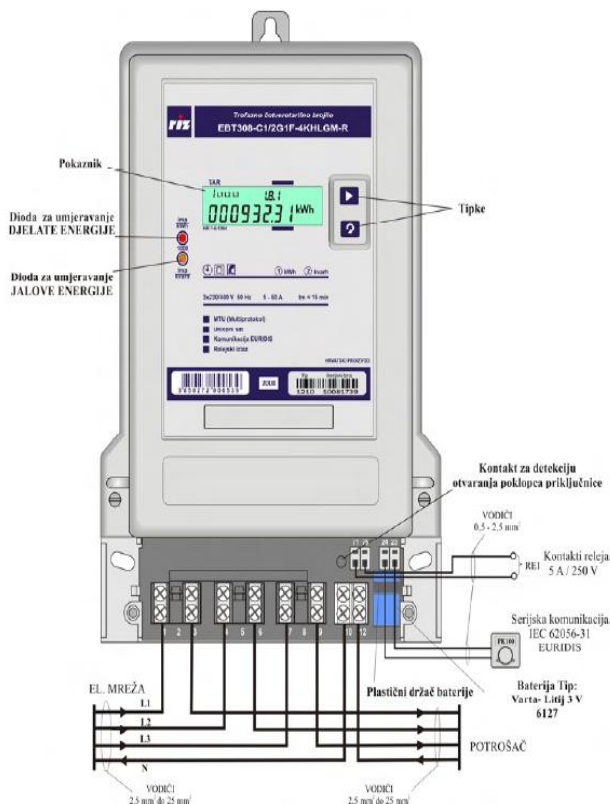
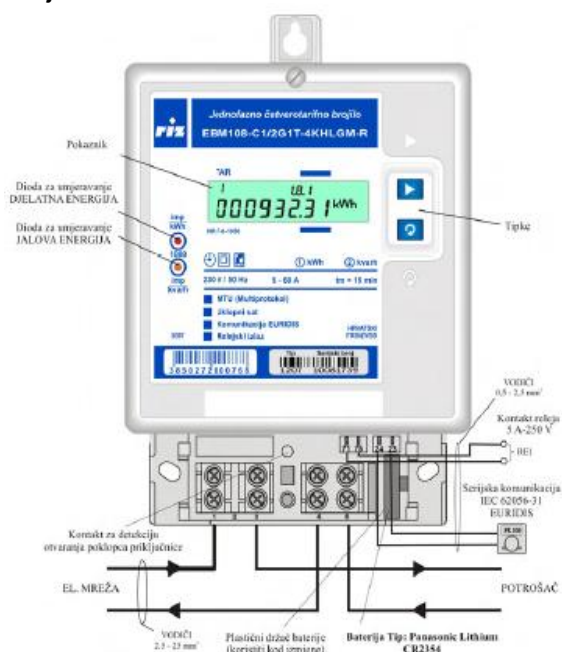
DIGITALNO BROJILO ELEKTRIČNE ENERGIJE



JEDNOFAZNO STATIČKO BROJILO
EBM108

Digitalno brojilo je najsuvremeniji mjerni uređaj za evidenciju utrošene električne energije. Brojilo je potpuno elektroničko bez ijednog pokretnog dijela. Manjih je dimenzija i manje mase. Ima mogućnost evidentiranja radne energije u tri različite tarife te jelove energije u jednoj tarifi. Može i prikazivati podatke o maksimalno postignutoj snazi te o trenutnoj snazi na brojilu. Za prikaz stanja koristi digitalni displej. Na displeju se prikazuje samo jedan podatak (tarifa), obično ona tarifa koja je trenutno aktivna. Brojilo ima signalnu LED diodu koja bljeska ritmom koji je proporcionalan priključenoj snazi. Novije verzije tih uređaja mogu imati ugrađen MTU prijemnik (za više tarifa) i sklop za limitiranje potrošnje.

Glavna prednost je mogućnost daljinskog automatskog očitavanja. Za očitavanje koriste se posebni čitači koji se spajaju na posebno izvedene utičnice, a kod stambenih zgrada na istu se utičnicu spajaju sva brojila. Čitač istovremeno očitava sva brojila i sve tarife te se stanje prenosi u glavno računalo. Time se očitavanja ubrzavaju i točnija su. Na taj način biti će u budućnosti izdavanje točnih mjesečnih računa prema stvarnoj potrošnji. Postoji i mogućnost da se sva stanja očitavaju iz glavnog računala ako se informacijski izlazi preko modeme spoje na telefonsku liniju. Spajanje je slično jednofaznom ili trofaznom 4-vodnom brojilu ovisno o samoj izvedbi brojila.



VIŠETARIFNI SISTEMI

Najveći problem elektroenergetike je kako ostvariti da se potrošnja električne energije ujednači tokom dana i noći. Preko dana i tokom večeri radi većina industrijskih postrojenja i ljudi su budni te je potrošnja električne energije jako velika. Međutim, tokom noći kad ljudi spavaju i veći dio industrije ne radi, potrošnja naglo pada. Stoga je noću potrebno smanjiti proizvodnju električne energije u elektranama, čak isključiti neke elektrane što nije ekonomično. Idealno bi bilo kad bi potrošnja bila ujednačena u svim dijelovima dana. Zato postoje mjere kojima elektroprivreda pokušava potrošnju energije pravilnije rasporediti.



Izgled dvotarifnog brojila

Višetarifni sistemi baziraju se na postojanju dvije različite cijene (tarife) za obračun potroška energije. Svaka tarifa ima tokom dana svoj termin primjene. Obično koristimo dvotarifni sistem čija se viša tarifa primjenjuje od 18 do 22 sata (17 - 21 sati zimi), dok je u svim ostalim dijelovima dana niža tarifa.

Trenutačno, cijena 1 kWh za kućanstva u višoj tarifi je 1,14 kuna, a u nižoj 0,56 kuna (s PDV-om). Dakle, radi 2 puta niže cijene energije potrošače se pokušava privoliti da troše el. energiju u doba niže tarife i tako smanje potrošnju u toku udarnog perioda od 18 do 22 sata.

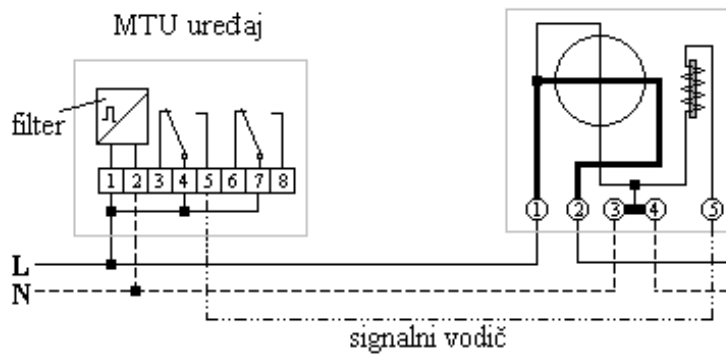
Za industrijske pogone i povlaštene kupce postoje posebni tarifni modeli i posebne cijene. Za izuzetno velike potrošače se rade posebni ugovori s zasebnim cijenama.

Da bi se mjera višetarifnog obračuna energije provela svako brojilo mora imati dvostruki brojač koji ima posebni relej za uključivanje u rad gornjeg ili donjeg brojača. Postoje i posebni uređaji koji su namjenjeni da daju signale relejima brojila kada treba prebaciti sa jednog na drugi brojač. Vrlo je bitno da vrijeme uključjenja i isključenja svih brojila bude u točno određenom vremenu.

MTU UREĐAJ



To je poseban elektronički filtarski uređaj koji prepoznaje poseban signal više frekvencije koje šalje dispečerska služba elektroprivrede za višetarifna brojila. Uređaj uključuje kontakt i tada šalje signal za isključenje više tarife brojila. Signal dispečera se šalje običnim vodovima napajanja samo ima frekvenciju oko 283,3 Hz. Kad MTU uređaj primi takav signal, on šalje svoj signal na brojila. Jedan MTU može istovremeno aktivirati brojače na više od deset brojila. Obično su ti uređaji postavljeni u trafostanice ili glavne razvodne ploče zgrade za sva brojila koja su na njih priključena.



Povezivanje jednofaznog dvotarifnog brojila s MTU

Svaki MTU ima jedan ili nekoliko izlaznih releja s kojih se šalje signal za prebacivanje tarifa. Postoji signal za višu tarifu, ali se takvim uređajem mogu signalizirati i alarmi za neke druge svrhe (uključenje javne rasvjete, uključenje dirigirane potrošnje, pozivanje vatrogasaca, alarmi, policija itd.) samo se treba uzeti neka druga frekvencija signala.



Umjesto MTU uređaja nekada se koristio uklopni sat. To je bio satni mehanizam koji se u toku jednog dana okrenuo jednom. Na sebi je imao pločicu s oznakama sati od 0 do 24 sata. Na pločicu su bili postavljeni "jahači" koji su aktivirali kontakte i uključivali i isključivali signale za prebacivanje tarife. Nedostatak je što su oni radili samostalno i nisu bili uvijek precizni pa su termini uklapanja tarifa bili pomaknuti.

Pitanja za pripremu kontrolne zadaće iz poglavlja „Brojila el.energije“ :

1. Koja je uloga električnog brojila?
2. Koja su pravila postavljanja brojila?
3. Koji su glavni dijelovi mehaničkog el.motornog brojila?
4. Što je konstanta brojila? Koja mu je mjerna jedinica?
5. Nacrtati spoj jednofaznog i trofaznog brojila.
6. Koja je uloga višetarifnih sistema?
7. Koja je razlika 1-tarifnog i 2-tarifnog brojila?
8. Koje su osobine digitalnog brojila?
9. Što je i kako se provodi automatsko očitavanje brojila?
10. Koja je uloga MTP-a? Koja je frekvencija upravljačkog signala?
11. Objasniti poluindirektno i indirektno spajanje brojila.
12. Što je dirigirani priključak? Nacrtati shemu spajanja.
13. Na koji se način dijele brojila?
14. Kolika je snaga priključena na brojilo koje u 20 sekundi napravi 60 okreta.
Konstanta brojila je 600 okr./kWh.
15. Što je mjerni ormar, kako izgleda i gdje se postavlja?