



ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЊА У ЕНЕРГЕТИЦИ

Аутор: Крстић-Тодосијевић Љиљана, дипл. ел. инж.

ПРЕДМЕТ: ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЊА У ЕНЕРГЕТИЦИ

ПИТАЊА И ОДГОВОРИ:

1. Који параметри карактеришу (нормално) радно стање електроенергетског система?

То су параметри који квантитативно карактеришу процес производње, преноса и расподеле електричне енергије. У те параметре спадају вредност активне и реактивне снаге у напојним чворовима, вредност напона и учестаности, конфигурација мреже, сигурност система и сл.

Најзначајнији параметри су: снага, напон и учестаност. Ови параметри се мењају тренутно и свака промена, због системске повезаности, у неком делу система скоро тренутно утиче на елементе у другим деловима система.

2. Шта су мерни трансформатори?

Мерни трансформатори омогућавају добијање потребних вредности напона и струја у постројењима високих напона и јаких струја. На овај начин мерни инструменти, апарати и уређаји се одвајају од високих напона и јаких струја па се мерење врши при малим вредностима струја односно ниским напонима без опасности по живот руковоаца. Веза инструмента је индуктивна, т.ј. помоћу секундара трансформатора. На овај начин се инструменти могу поставити даље од јаких електричних поља, т.ј. на местима где ће тачност мерења бити највећа.

3. Шта су напонски мерни трансформатори (намена, обележавање, врсте)?

Напонски мерни трансформатори се користе за мерење напона од (0,5÷400) kV. Служе за проширивање напонског мерног опсега инструмената, али и уређаја као и њихово одвајање од високог напона.

Напонски мерни трансформатори се уграђују на сабирнице разводног постројења и помоћу њих се напајају напонски намотаји свих мерних инструмената и релеја. Номинални секундарни напон је увек 100V.

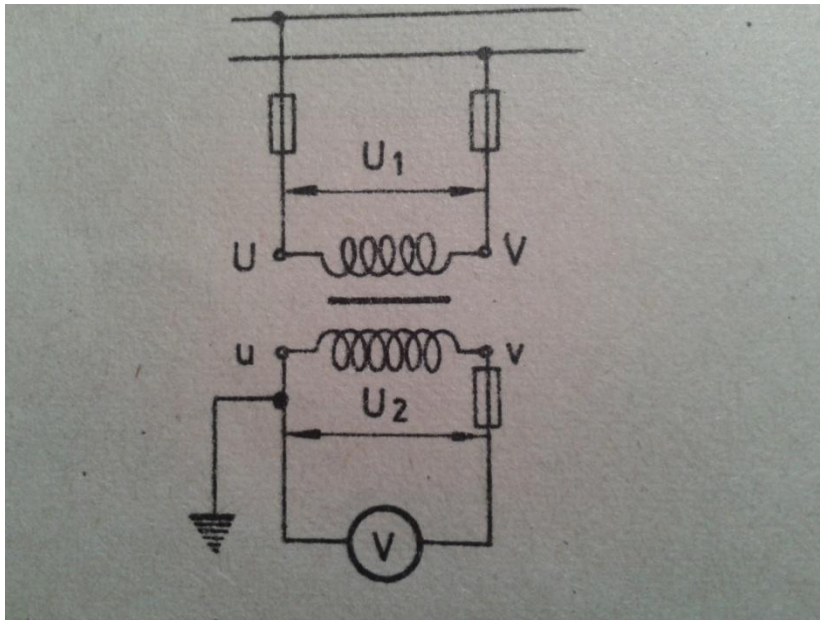
Напонски мерни трансформатори могу да буду једнофазни и трофазни.

Једнофазни трансформатори могу да буду једнополно изоловани и двополно изоловани.

Крајеви примара једнополно изолованих трансформатор се означавају са **U, X** (велика слова), а крајеви секундара са **u, x** (мала слова).

Крајеви примара двополно изолованих трансформатора се означавају великим словима **U, V** а крајеви секундара малим словима **u, v**.

Крајеви примара трофазних трансформатора се означавају великим словима **U, V, W**, а њихови крајеви секундара малим словима **u, v, w**.



4. Грешке при мерењу напонским трансформатором

Напонски трансформатор уноси две врсте грешака: напонску и угаону.

Напонска грешка се дефинише као:

$$G_n[\%] = \frac{K_{nu} U_2 - U_1}{U_1} 100\%$$

K_{nu} – називни однос трансформатора,

U_2 – ефективна вредност напона секундара,

U_1 – ефективна вредност напона примара.

Напонска грешка је, уствари, грешка у преносу при мерењу високих напона.

Угаона грешка представља фазну разлику између фазора примарног и фазора секундарног напона. Угаона грешка се изражава у минутима. Обе грешке зависе од пада напона у навојима примара и секундара при оптерећењу. Да би се пад напона смањио мора се узети намотај мање отпорности и боље магнетно језгро.

5. Заштита напонског трансформатора, режим рада и начин израде

Заштита од **кратке везе** се изводи тако што се на свакој примарној вези поставља топливи осигурач од најмање 2А.

Заштита од **преоптерећења, погрешне везе** или погрешног уземљења се изводи тако што се постави топливи осигурач, али само на неуземљеном секундарно изводу.

Напонски трансформатор мора увек да **ради у празном ходу** и кућиште треба добро уземљити.

Напонски трансформатори се израђују као монофазни и трофазни. Монофазни се више користе јер су тачнији. За добијање трофазних трансформатора се често користи „штедна веза“ два монофазна трансформатора.

Напонски трансформатори се израђују као **потпуно изоловани** и као **једнополно изоловани**. Изолација је ваздух, лискун, уље, хартија и сл.

Секундар напонског трансформатора мора бити везан за велики отпорник или **отворен** (режим празног хода).

6. Струјни мерни трансформатор (намена, везивање, обележавање)

Струјни мерни трансформатор се користи за мерење струја великих јачина у инсталацијама ниског напона као и за мерење струја у постројењима високог напона. Израђују се за све стандардизоване вредности примарних струја, а струја секундара је **5А** и **1А**.

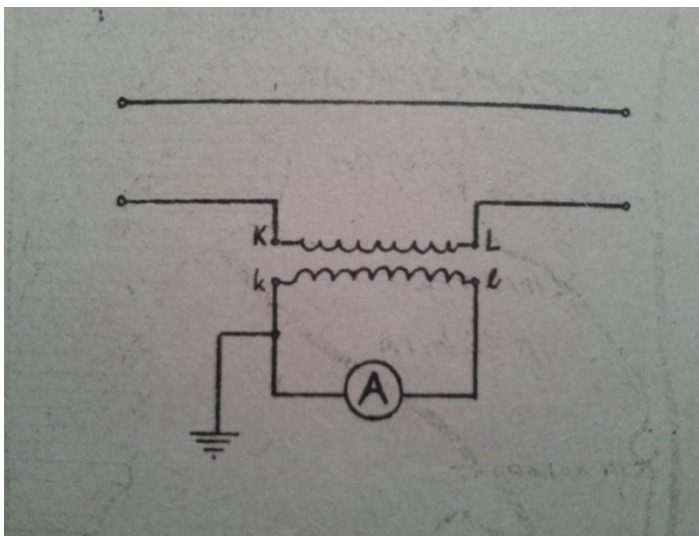
Овим трансформаторима се проширује мерни опсег инструмента, омогућују тачнија мерења, избегавају се велики пресеци проводника и одваја се висок напон са инструмента. Постављају се директно на сабирнице разводног постројења и

помоћу њих се напајају струјни намотаји свих мерних инструмената и релеја који су смештени на разводној командној табли.

Струјни мерни трансформатори се везују на ред у коло струје.

Примарни крајеви се обележавају великим словима **K, L** (постоје и ознаке према ИЕС-у P_1, P_2), секундарни крајеви малим словима **k, l** (према ИЕС ознаке су S_1, S_2).

За секундарне прикључке се **редно** везују амперметри, струјни намотај ватметра, варметра, косинусфиметра, бројила .



7. Руковање струјним мерним трансформатором

Руковање струјним мерним трансформатором захтева посебну опрезност. Секундар **не сме никад да буде отворен** (то јест без оптерећења) јер би се у том случају добила велика индукована електромоторна сила (е.м.с.) опасна по живот.

Услед губитака у гвожђу и загревања може да дође до експлозије трансформатора.

У циљу заштите секундарног мерног кола, секундарни намотај и кућиште се морају **добро** уземљити.

8. Врсте грешака струјних мерних трансформатора, смањење грешака и најчешће коришћени струјни трансформатори

Постоје **струјна** грешка и **угаона** грешка.

Струјна грешка зависи од струје празног хода, односно струје магнећења и струје губитака. Дефинише се као

$$G_i[\%] = \frac{K_{ni} I_2 - I_1}{I_1} 100\%$$

K_{ni} – називни однос трансформатора

I_2 – ефективна вредност секундарне струје

I_1 – ефективна вредност примарне струје

Угаона грешка је фазна разлика између примарне и секундарне струје

Да би се смањиле ове грешке (односно струје које их узрокују) користе се високо легирани NiFe лимови.

Струјни трансформатори се израђују у различитим облицима. Трансформатор са примаром у облику шипке, лонца и за брза мерења се користе трансформатори са прстенастим језгром и више опсега мерења и трансформатори у облику клешта којима се обухвата проводник без прекидања проводника, а струја се чита на амперметру.

9. Мерење снаге

За мерење снаге се користе инструменти који се зову **ватметри**. У колима једносмерне струје снага се може измерити ватметром (директно) или помоћу волтметра и амперметра (индиректно).

У колима једнофазне струје постоје три врсте снага:

- активна снага $P = UI \cos \varphi$ [W]
- реактивна снага $Q = UI \sin \varphi$ [VAr];
- привидна снага $S = UI$ [VA].

Активна снага се углавном мери директно – ватметром, а у случају када је оптерећење активно ($\cos \varphi$) може се мерити и помоћу амперметра и волтметра.

За мерење активне снаге у вишефазним колима се користе ватмери, а за мерење реактивне снаге – варметри или ватметри у специјалној спреси.

10. Мерење активне снаге у трофазним колима

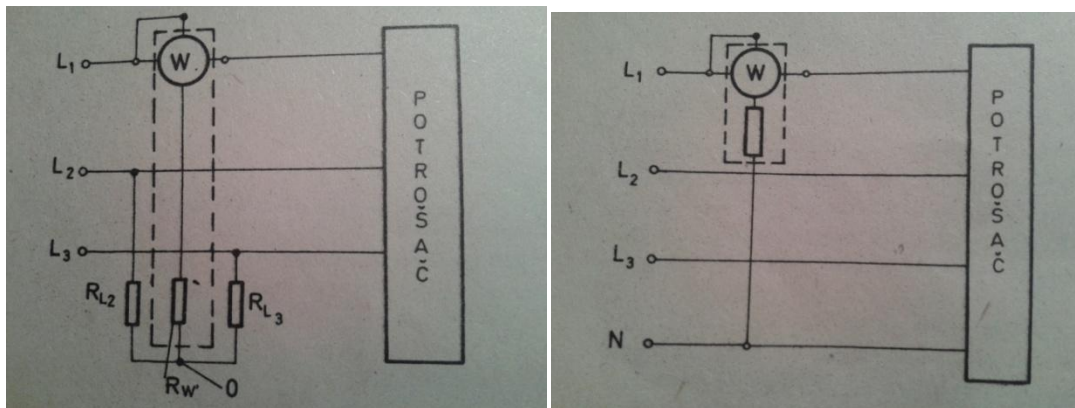
Трофазни систем може да буде равномерно или неравномерно оптерећен. Код равномерно оптерећеног система су сви фазни напони исти, све фазне струје су исте и сви фазни помераји између напона и струја су исти. То важи и за линијске напоне и струје. Зато су и снаге у појединим фазама исте, т.ј.

$$P_1=P_2=P_3= U_f I_f \cos\varphi \text{ [W]}, \quad U_f\text{-фазни напон, } I_f\text{-фазна струја}$$

Довољно је да се један ватметар веже у ма коју фазу система тако да струјни навој буде повезан са том фазом, а напонски навој између те фазе и нултог проводника. Укупна активна снага је :

$$P = 3P_w, \quad \text{где је } P_w\text{- снага прочитана на ватметру}$$

Ако трофазни систем нема нулти проводник, прави се обавезно „вештачка нула“ система тако што се слободни крај напонског калема веже заједно са излазним крајевима отпорника чији су улазни крајеви везани за преостале две фазе.



11. Мерење активне снаге за неравномерно оптерећен систем

Овакви случајеви су чешћи. Овде ни напони, ни струје, ни фазни помераји нису исти. У овом случају снага се мери на један од следећих начина:

а) у сваку фазу се поставља монофазни ватметар, а укупна снага је једнака збиру њихових показивања:

$$P = P_{W1} + P_{W2} + P_{W3}$$

б) све три фазе се повезују са једним трофазним ватметром;

в) **Аронова спрега** два монофазна ватметра.

Ово се користи само код несиметричних трофазних система без нултог проводника. Два монофазна ватметра се везују у било које две фазе система, при чему се у трећу фазу везују слободни напонски крајеви ватметра

$$P_{3f} = P_{W1} \pm P_{W2} \quad (\text{ако оба ватметра скрећу у истом смеру онда је знак +})$$

12. Мерење реактивне снаге у трофазним системима

Ако је систем равномерно оптерећен користи се један варметар. Реактивна снага система је:

$$Q_{3f} = 3 Q_{VAr} - \text{ако има нулти проводник}$$

Q_{VAr} – реактивна снага која се очитава на варметру

$$Q_{3f} = \sqrt{3} Q_{VAr} - \text{ако нема нултог проводника}$$

За несиметричан (неравномерно оптерећен) систем постоје две могућности:

- а) мерење реактивне снаге помоћу три монофазна варметра;
- б) мерење реактивне снаге помоћу два варметра у Ароновој спреси.

Реактивна снага се у трофазним колима може мерити и помоћу ватметра. На слици 6.19.а приказано је мерење реактивне снаге у трофазном тројичном систему, равномерно оптерећеном, једним ватметром.

Ватметар за мерење реактивне снаге се везује у коло тако да се његова струјна грана веже у једној фази, а напонска грана у следеће две.

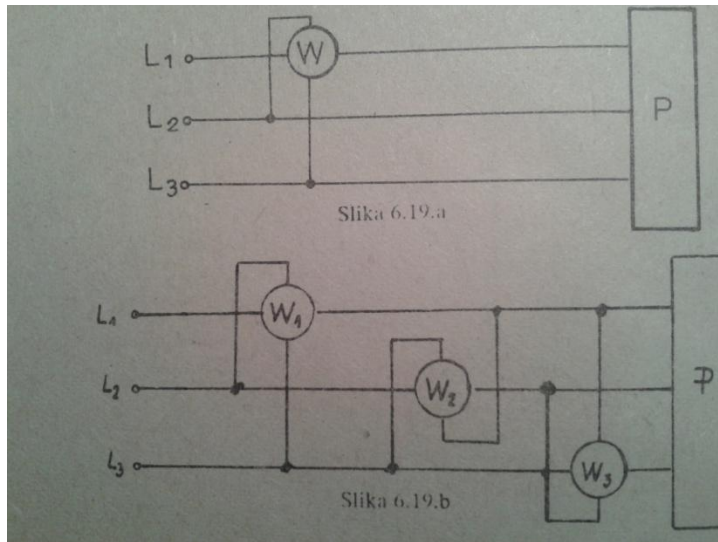
Укупна реактивна снага Q тада износи:

$$Q = \sqrt{3} K_W \alpha \quad \text{или} \quad Q = \sqrt{3} P, \quad \text{где је } K_W - \text{ константа ватметра, а } \alpha - \text{отклон казаљке у подеоцима скале.}$$

Код неравномерно оптерећеног трофазног система реактивна снага се може измерити помоћу три ватметра повезана као на сл. 6.19.б.

Тада се укупна реактивна снага одређује изразом:

$$Q = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{\sqrt{3}}$$



13. Берендова метода за мерење отпорности уземљења

Ова метода је брза и лака . Спада у компензационе методе јер се пад напона уземљивача Z , помоћу галванометра g и сонде S , пореди и на крају изједначује са падом напона на познатом променљивом отпорнику.

Шема Берендовог апарата:

Трансформатор је тако везан да струје имају означене смерове. Извор струје је магнетомоторна машина која покретана руком даје струју фреквенције 35 Hz. Клизач се помера док казаљка галванометра не буде на нули. Тада је остварена равнотежа и важи:



$$r I_2 = R_z I_1$$

Ако је однос трансформатора $n=1$,
тада је $I_2=I_1$, па је $R_z = r$

Скала потенциометра је означена у Ω , тако да се добија директно вредност отпорности R_z .

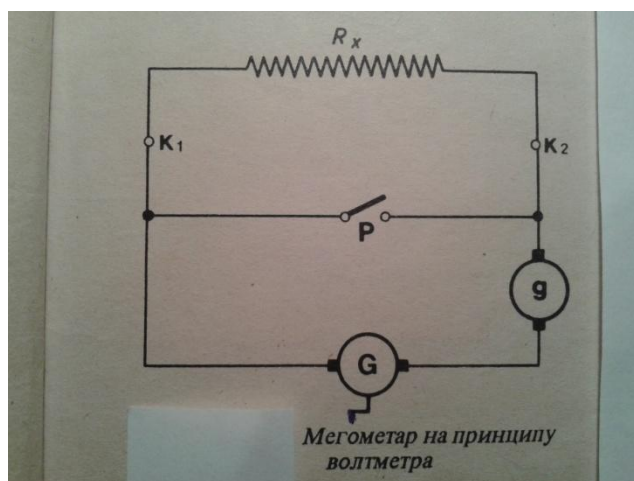
14. Мегаомметри

Мегаомметри служе за мерење великих отпорности реда $M\Omega$. Постоје две врсте:

- 1) мегаомметри засновани на методи волтметра;
- 2) мегаомметри засновани на принципу магнетно електричног логометарског инструмента са укрштеним калемовима.

Прва врста служи за мерење отпорности од $10 [\Omega]$ до $10^7 [\Omega]$. Најчешће се користе за мерење отпорности изолације.

Шема везе је:



G – извор струје – индуктор (магнетомоторна машина) подешена је да даје једносмерну струју;

P – прекидач;

K_1, K_2 - прикључци за R_x ;

g – галванометар који има две скале за напон и отпор.

Мерење се обавља из два пута: при отвореном и при затвореном прекидачу Р, при чему се ротор индуктора обрће истом брзином. При затвореном прекидачу казалька галаванометра треба да је на нули мегаомске скале, а отварањем прекидача директно се прочита вредност отпорности на мегаомској скали. Из та два скретања се израчунава R_x

$$\alpha_2 = \alpha_1 \frac{R_g + R_G}{R_g + R_G + R_x} = f(R_x)$$

Скала на галаванометру је супротног смера од скале за напон.

($R_x = 0$ – максимално скретање

$R_x = \infty$ - минимално скретање т.ј. $= 0$)

15. Оверавање бројила електричне енергије

Тачност електричног бројила је веома битна јер се помоћу њега мери и наплаћује утрошена електрична енергија. Постоје два начина да се бројило овери:

- 1) помоћу бројила еталона (као еталон се користи електронско бројило);
- 2) помоћу ватметра и часовника.

Оверавање се врши, и за монофазна, и за трофазна бројила, по завршеној производњи у фабрикама.

Према прописима Савезне Управе за мере и драгоцене метале, могу се користити само она бројила која су службено испитана.

Први начин овере: Показивање овераног бројила се испита тако што се упореди његово показивање W_p , са показивањем W_s еталон бројила. Релативна грешка је

$$G_r[\%] = \frac{W_p - W_s}{W_s} 100\%$$

Други начин овере: Бројило се оптерети фиктивним оптерећењем и његово показивање се упореди са подацима добијеним помоћу прецизног ватметра и штопернице.

$$W_p = \frac{N}{K_p} 3600 \cdot 10^3 [Ws]$$

N – број обртаја А1 диска за време t

K_p - константа овераваног бројила, налази се на плочици бројила.

$$W_s = P \cdot t$$

P – снага очитана са ватметра

t - време очитано са штоперице.

$$G_r[\%] = \frac{W_p - W_s}{W_s} 100\%$$

16. Мерење фреквенције

Мерење индустријске фреквенције се врши фреквенцметрима вибрационог типа, чији је рад заснован на принципу механичке резонанце тела која вибрирају. У новије време се користе електронски фреквенцметри који директно показују вредност мерене фреквенције. Предност им је што се њима фреквенција мери континуално, а не у скоковима.

Мерење фреквенције резонантним колом је открио Пупин. Овај метод се користи за мерење високих учестаности. За мерење учестаности од неколико Hz (херца) па све до 100 kHz, користи се Вин-Робинсонов мост. Он садржи само чисте активне отпоре и кондензаторе, па је то разлог честе примене. Када се оствари равнотежа моста, и ако је $R_1=2R_2$ и $R=\text{const.}$, може се скала променљивог кондензатора избаварити у Hz. Може и обрнуто. Ако је $C_1=C_2=C=\text{const.}$, тада се скала $R_3=R_4=R$ може избаварити у Hz.

17. Електронско трофазно бројило електричне енергије

Намењено је за мерење и регистровање активне електричне енергије у тројичним, односно четворојичним системима. Омогућава једнотарифно и двотарифно мерење и регистровање активне електричне енергије која тече у једном смеру.

Конструкција – Бројило се састоји од неколико модула, а сваки од њих се састоји од разних делова: мерних јединица, бројчаника, кућишта, прикључнице и поклопца.

Бројчаник се састоји од корачног мотора и цилиндричног бројчаника са шест точкића. Двотарифна контрола је обезбеђена напоном 220V, 50Hz, максималном струјом 15 mA и релејом који се напаја једносмерном струјом преко исправљача.

Поклопац и доњи део бројила су израђени од лаког пластичног материјала. На поклопцу постојим прозор за читавање.

Прикључница је израђена од црне пластике. Код директно везаних бројила унутрашњи пречник јој је 6,6 mm а код бројила везаних преко трансформатора 5,5 mm.

Мерну јединицу сачињавају напонско и струјно коло. Струја сваке фазе се мери посебним струјним трансформатором . Напонско коло се састоји од преднапонске заштите и делитеља напона. Мултипликација се изводи на принципу ширине и висине импулса. Резултат мултипликације је импулсна фреквенција пропорционална оптерећењу. Корачни мотор прима импулсе и побуђује бројчаник, лед-индикатор.

Електронско бројло не садржи покретне мерне делове, чиме се добило на тачности и поузданости у дужем временском периоду.

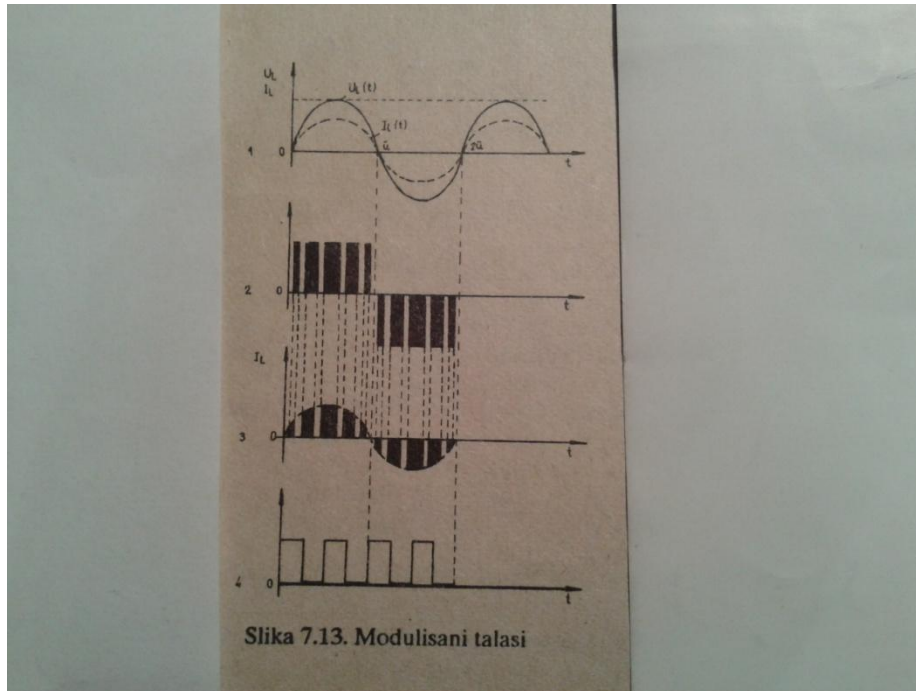
18. Начин рада трофазног електронског бројила

Напонски подаци појединих фаза се добијају преко делитеља напона, респективно.

Струјни подаци појединих фаза се добијају преко специјалних струјних трансформатора и претварају се за даљи рад у напонски податак.

Напонски подаци појединих фаза и напонски подаци струјних величина су директно пропорционални улазним величинама напона и струја, што се постиже коришћењем висококвалитетних електронских компоненти.

Затим се напонски подаци појединих фаза воде у модулар ширине импулса и добија се таласни облик приказан на дијаграму 2 (слика 7.13.)



Сваки од ових таласних облика респективно укључују и искључују одговарајући струјни податак, чиме се омогућује аналогно множење напона и струје на излазу из мултипликатора.

Овако добијени таласни облик се води у напонско-фреквентни конвертор, на чијем се излазу добијају импулси са учестаношћу једнакој збиру производа напона и струја.

Даљим дељењем ове учестаноати добија се погодна учестаност која покреће корачни мотор и светлећу диоду. Светлећа диода се користи код баждарења бројила. Испред ње се монтира оптичка глава, а на бројачу импулса се прати излазна учестаност, која треба да је пропорционална утрошеној снази.

19. Даљинско читавање електронског бројила

Електронско бројило омогућује чување података о утрошеној електричној енергији, а и податке о просечној снази (за 15-минутни период).

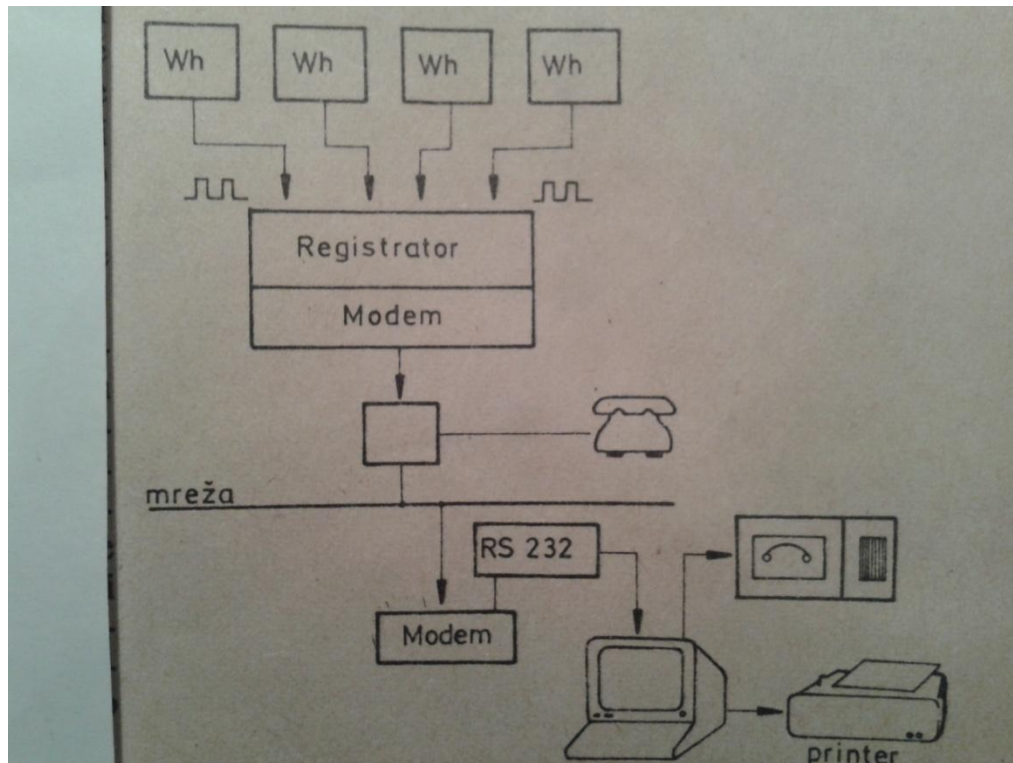
Њиховим повезивањем у локалне рачунарске мреже и јавне мреже, осигурано је прикупљање података у реалном времену и брз пренос података.

Као медијум за пренос података обично задовољавају јавне ТТ линије.

Узимање података из електричних бројила и регистровање електричне енергије изводи се регистраторима података. Обрада података се остварује на рачунару

који је укључен у ТТ мрежу преко међусклопа и модема. Подаци се у мрежи прикупљају аутоматски.

Рачунар циклички позива регистраторе података и захтева пренос података. Импулсни подаци се у рачунару прикупљају у месечну датотеку, која се на крају месеца закључи и тиме је спремна за даљу обраду.



Предности даљинског очитавања утрошене електричне енергије су:

- сигурност (подаци се аутоматски преносе);
- брзина (пренос података траје највише неколико десетина секунди);
- једноставност (употреба је веома једноставна).

20. Метролошки систем државе и обезбеђење мерног јединства, хијерархија еталона и мерила

Метрологија је наука која се бави мерењима и мерним јединицама. Развијене земље издвајају велика средства за развој, успостављање и коришћење одговарајућих метролошких система. Што је земља развијенија то су трошкови метрологије сва већи.

Еталон представља мерно средство (или мерни уређај) који обезбеђује репродуковање и/или чување димензија другим мерним средствима.

Постоје четири различита нивоа еталона: радни, секундарни, примарни и међународни.

Радни еталони представљају основна мерна средства у атестним лабораторијама. Они служе за проверу и баждарење инструмената који се налазе у лабораторијама предузећа, као и за извођење неких тачних мерења. Радни еталони се периодично проверавају помоћу секундарних еталона.

Секундарни еталони се чувају у различитим атестним лабораторијама. Они служе за контролу и баждарење радних еталона. Атестна лабораторија у којој се налази секундарни еталон, дужна је да одржава еталон на потребном нивоу тачности, а ови еталони се периодично шаљу у националне метролошке лабораторије ради провере и баждарења.

Примарни еталони се чувају у националним лабораторијама разних земаља. Повремено се користе за баждарење секундарних еталона и не користе се ван националне лабораторије. Сами примарни еталони се баждаре помоћу апсолутних мерења, чији се резултати дају у основним јединицама.

Међународни еталон представља одговарајућу мерну јединицу која се реализује са највећом могућом тачношћу. Ови еталони се дефинишу на бази међународних споразума и периодично се проверавају помоћу апсолутних мерења у одговарајућим основним јединицама. Међународни еталони се чувају у Међународном бироу за тегове и мере у Севру крај Париза. Они се не користе за мерења и баждарења.