

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕДНОФАЗЕН СТАТИЧЕН ЕЛЕКТРОМЕР

Цел

Изработено е лабораторно устройство на монофазен статичен електромер. Теоретично разгледани са: архитектурата, схема на свързване и принципа на действие на два вида електромери – индукционен и статичен.

Изпълнени се експериментални измервания с лабораторно устройство на статичния електромер. Построени са диаграми на грешките от измерване и са сравнени с тези на електромер от индукционната система.

Приложението на лабораторното устройство е походящо в лабораторните упражнения по дисциплините включващи измерване и изследване на електрическа мощност и енергия.

Исходни данни:

Еднофазна електрическа верига в схема с: 1.Автотрансформатор-регулируем от 0 – 250V; 2.Еднофазен електромер (Карат МО2) за измерване на активна енергия; 3.Активен електрически товар: ел.крушки (220V,150W) и декаден превключвател с 6 позиции.

Съдържание на обяснителната записка:

Теоретична постановка. Лабораторни изследвания на монофазен статичен електромер. Изработване на лабораторни действащи устройства. Описание на лабораторните упражнения. Анализ и изводи.

Съдържание на графичната част:

Чертеж на макета и графики от изследванията.
Снимка на макета.

Въведение

Измерването на консумираната от потребителите електроенергия е задължителна част от работата на всяка електрическа мрежа. Точността на измерване е важна, тъй като грешките водят до ощетяване на доставчика или потребителя. Не по-малко важно за доставчика е да се гарантира сигурността на измерването от електромерите и на невъзможността за злоумишлена промяна в показанията им.

Индукционните електромери могат да измерват реално използваната от потребителите активна и реактивна енергия, непрекъснато обменяна между тях и мрежата. Те не са в състояние да измерват действително доставяната от електроразпределителните дружества привидна енергия. Тази енергия има значение за всички потребители и лесно се измерва със статичните електромери.

Статичните електромери изместват индукционните от пазара на средства за отчитане на електропотреблението. Делът им нараства благодарение на по-богатата функционалност и съвременни характеристики, които им осигуряват редица предимства. Статичните електромери предоставят данни за дългосрочни анализи на енергийните мрежи и осигуряват защита против злоупотреби с показанията от измерване. Модерните статични електромери се конструират с допълнителни комуникационни модули, чрез които се

осъществява включването им в мрежата за дистанционно отчитане и пренос на данни в реално време.

Комплексният характер на консуматорите променя формата на напрежението и тока, в резултат на което се появяват хармоници с честота различна от 50Hz. В този случай точните стойности на активната и реактивната мощност са съответно сумите на активните и реактивните мощности на всички хармоници. Един от основните фактори за ограничаването на тези проблеми е усъвършенстване на електромерите. Благодарение на разширеното използване на електронни компоненти настъпват качествени изменения в структурата на електромерите и подобрения в техните параметри.

В публикацията се разглеждат основните проблеми, свързани с измерването на електроенергията със статичен (дигитален) електромер.

Теоретични основи на измерване на електрическа мощност и енергия

Единицата за измерване на електрическа мощност по системата „SI” се нарича ват [W]. В практиката се използват дробните и кратните единици: миливат (mW), микроват (μW), киловат (kW), мегават (MW) и т.н.

Мощността в постояннотоковите вериги се измерва във ватове и активната мощност в променливотоковите вериги също във ватове; реактивната мощност във (VAr) и привидна мощност волтампери (VA).

Електрическата енергия се определя от интеграла на мощността за време „t”.

$$W = \int_0^t p dt \quad (1)$$

Единицата за измерване на топлинна енергия се нарича Джаул (J) като електрическият ѝ еквивалент е 1W.1s.

В практиката намират приложение и извън системните единици за електрическа енергия-ватчас (Wh), киловатчас (kWh), мегаватчас (MWh) и други.

$$1kWh = 3,6 \cdot 10^6 J = 3,6MJ$$

$$1MWh = 3,6 \cdot 10^9 J = 3,6GJ$$

Необходимостта от измерване на електрическа енергия с оглед правилното и рационално разпределение и използване налага извънредно широко използване на електромерите.

• Измерване на електроенергия

Електромерите са интегриращи апарати, предназначени за регистриране на количество електрическа енергия за определен интервал от време t. С течение на времето количеството на консумираната дадена електрическа верига енергия нараства и показанията на електромера се увеличават. Напрежението в електрическите мрежи е синусоидално, т.е. стойността му се променя във времето по синусоидален закон:

$$u = U_m \sin(\omega t + \Psi) \quad (2)$$

Ефективната стойност на синусоидалното напрежение в електрическата мрежа е $U=230V$. Реално напрежението и токът само на част от консуматорите е с такава форма, като непрекъснато нараства броят на тези, които поради естеството на действието си я променят, например електрическите лампи с димери, асинхронните двигатели с честотно регулиране, инверторите на напрежение и др.. В такива случаи напрежението и токът се оценяват със своите средноквадратични стойности.

$$W = UIt[Wh, kWh, MWh] \text{ или } W = Pt[Wh, kWh, MWh] \quad (3)$$

Особено важно е, че доставената електроенергия не винаги изцяло се консумира от товара и съответно превръща в друг вид енергия (светлинна, топлинна, механична). Причината за това е съществуването на фазова разлика (нарича се дефазиране) на тока спрямо напрежението на част от товарите. Прието е тя да се отбелязва с „ φ ” и наличието и се оценява чрез фактора на мощността $\cos\varphi$. Когато промените на тока настъпват едновременно с тези на напрежението фазова разлика няма, стойността на $\cos\varphi$ е 1 и произведението $U \cdot I$ на средноквадратичните стойности на напрежението и тока представлява активната мощност „ P ” на товара, измерена във ватове [W] или [kW]. Умножението и по времето t определя доставяната активна енергия, която изцяло се консумира от товара и съответно реално се използва. Прието е тя да се измерва в киловатчаса [kWh], например 1kWh се получава при работа на товар с активна мощност 1kW продължение на $t = 1$ час или друг с мощност 100 W в продължение на 10 часа. Това е случаят на т.нар. активни товари, например лампи с нажежаема жичка и нагреватели.

- **Индукционни измервателни механизми. Индукционен електромер.**
Устройство и принцип на действие

- **Общи сведения за електромерите**

Електромерите са интегриращи измервателни апарати, предназначени за регистриране на количество електричество или количество електрическа енергия за определен интервал от време. С течение на времето количеството на консумираната в дадената електрическа верига енергия нараства и показанията на електромера се увеличават.

Електромерите се използват както средство за търговско измерване между доставчик и потребител (електроразпределително дружество и абонат), така и за баланс и обмен на електрическа енергия.

За отчитане на електрическа енергия се осигуряват средства за измерване (електромери) и определяне на количеството енергия.

- **Индукционни измервателни механизми. Тип измервателна система**

Двигателният момент в индукционните механизми се обуславя от взаимодействието на един или повече магнитни потоци с индуктираните в тях вихрови токове в електропроводима подвижна част. Следователно те могат да се използват само за преобразуване на променливотокови величини в механично преместване.

Индукционните измервателни механизми се влияят от различни условия. Въртящият момент на диска е пропорционален на честотата на променливия ток. Следователно показанията на апаратите от индукционната система се влияят от измененията на честотата.

Големината на токовете на Фуко зависи от съпротивлението на алуминиевия диск, което от своя страна се влияе чувствително от изменението на температурата на околната среда, показанията на индукционните измервателни апарати също се влияят от изменението на температурата.

От принципа на действие на индукционните измервателни механизми е ясно, че те могат да се използват само в променливотокови вериги.

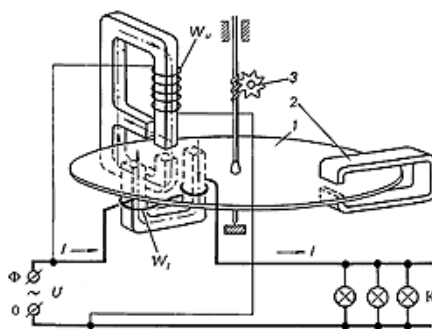
• Индукционни електромери-видове и схеми на свързване



Фиг.1. Реален изглед на еднофазен индукционен електромер марка „Елиа” Тип А1-5Д. 1 – напреженова намотка 2 – токова намотка

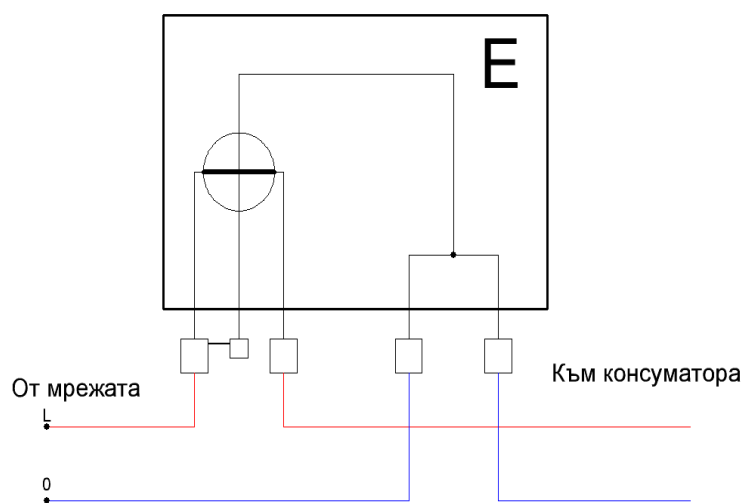
Изработват се електромери с измервателни механизми от различни системи, като тук се разглеждат такива за измерване на електроенергия в променливотокови вериги от индукционната измервателна система. При всички конструкции електромери съществува права пропорционалност между броя на оборотите на подвижната част на измервателния механизъм и измерваната енергия, консумирана в същото време в съответната електрическа верига. При това условие, за да се получи стойността на измерваната величина (количество електричество или количество електрическа енергия), необходимо е броят на оборотите на подвижната част на измервателния механизъм да се умножи с константата на електромера. На практика стойността на консумираната енергия (или количество електричество) се отчита от ролковия брояч, задвижван от оста на подвижната част посредством зъбен предавателен механизъм. За да регистрира ролковият брояч не броя на извършените от подвижната част обороти, а консумираната енергия, е необходимо предавателния механизъм да има точно определено преводно число.

Индукционните електромери имат разнообразни конструкции. Широко разпространение намират електромерите, чието устройство и принцип на действие са разгледани на следната схема:



Фиг.2 Принципна схема на еднофазен индукционен електромер

Електромерът от фиг.2 има два електромагнита - токов и напрежителен, чиито магнитопроводи са изработени от листов електротехническа стомана. Бобината на токовия електромагнит W_I посредством изводите за вход и изход на електромера се включва последователно на консуматора К. Началото на бобината на напрежителния електромагнит W_U е изведено на помощна клемма на входящата фазова клемма Ф която посредством мост се свързва с началото на токовата бобина. Краят на напрежителната бобина е свързан с нулевата клемма на електромера. Напрежителната бобина се свързва паралелно на консуматорите. С 1 е означен диска, с 2 постоянен магнит служещ за електромагнитна спирачка, с 3 е означено зъбно колело което чрез оста се завърта при задвижване на диска и така задвижва механичния брояч на електромера. При подаване на напрежение двата електромагнита W_I и W_U създават магнитни потоци, които пронизват алуминиевия диск 1 и създават въртящо магнитно поле – диска се завърта.



Фиг.3 Схема на свързване на еднофазен електромер

На фиг.3 е дадена схема на свързване на еднофазен електромер. Фазовият проводник е свързан последователно на началото на токовата бобина, а нейният край към изходящата фазова клемма и към консуматора. Напрежителната бобина чрез мост на входящата фазова клемма се свързва паралелно и от там към нулевият проводник.

Под действие на въртящият момент дискът на електромера започва да се върти, като пресича магнитния поток на постоянния магнит 2. В резултат на пресичането в диска се индукира е.д.н. и протичат токове, които си взаимодействат с потока на постоянния магнит, и се създава момент, насочен срещу посоката на въртене на диска. При определена скорост на въртене на диска противодействащият момент се изравнява с въртящия и настъпва равновесие, при което дискът продължава да се върти с неизменна скорост. Големината на тази скорост зависи от големината на товарния резистор във веригата на електромера. На оста на електромера е разположен червячна предавка, която при въртенето на диска задвижва първото зъбно колело на зъбния предавателен механизъм. Последното зъбно колело на предавателния механизъм е разположено на оста на ролковия брояч.

При нормални условия на работа на индукционните електромери измерват активна енергия на консуматорите с грешка около $\pm 2\%$. Изменението на напрежението, честотата и температурата влияят сравнително малко на точността им.

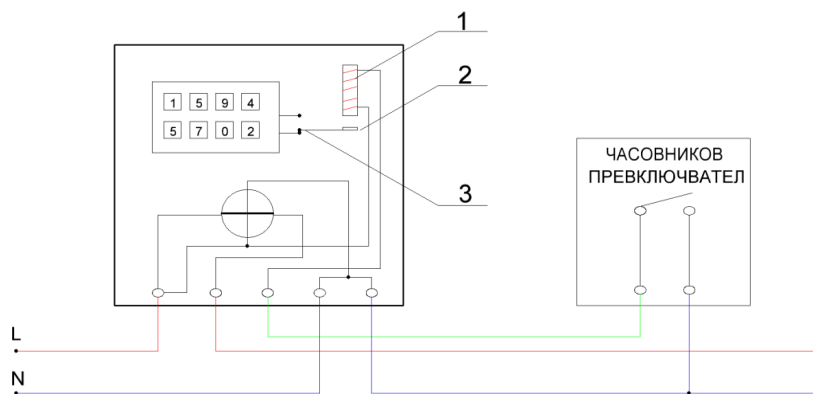
Трифазни електромери

Активната енергия на трифазните консуматори се измерва с трифазни електромери, които могат да бъдат с един, два или три измервателни елемента. Електромерите с един измервателен елемент по устройство си са напълно еднакви с еднофазните електромери. Използват се само в симетрични трифазни системи с допълнителен звезден център. Измерват консумираната енергия в едната фаза на трифазната система. За получаването на цялата енергия, консумираната в трифазната система, измерената енергия се утроява. Това става в самия електромер, като за целта предавателният му механизъм трябва да бъде подходящо изчислен.

Трифазните електромери с два измервателни елемента са предназначени за измерване на активна енергия само в трифазни трипроводни системи.

Двойно тарифни електромери

Консумираната през нощта електрическа енергия може да се раздели от консумираната през деня, ако регистрирането става с така наречените двойно тарифни електромери. Характерното за двойно тарифните електромери е че, имат два бройтелни механизма. Посредством електромагнит и часовник-превключвател в предварително определени часове от денонощието оста на електромера се зацепва към единия или към другия брояч.



Фиг.4 Принципна схема двойнотарифен електромер с часовников превключвател

На фиг.4 е показана принципна схема на включване на двойнотарифен електромер с часовников превключвател. Часовникът е електрически и при прекъсване на напрежението трябва да продължи да работи най-малко още три дни, в противен случай при възстановяване на захранването на консуматорите часовникът няма да показва точно времето и ще превключва броячите в неподходящи часове. Непрекъснатата работа на часовника се осъществява чрез добавяне на акумулаторна батерия. Обикновено стрелките на часовниковите превключватели са неподвижни и се преместват само за да се поставят в положение, което ще определи часовете на превключване на броячите.

• Метеорологични свойства на електромерите-точност и грешки

Едни от най-важните метеорологични свойства на електромерите като измервателни уреди са: точността, чувствителността и константата.

• Точност и грешки

Точността на измервателните устройства е основна метеорологична характеристика. Оценката на точността се състои в определяне на грешката, която съпровожда получения резултат.

Причини за грешката могат да бъдат недостатъците на измервателния уред, изменение на влияещите фактори, реакцията на обекта за изследване, неправилна работа на оператора и други.

Грешката на измервателното устройство е свързана с неговите свойства, зависи от конструктивно и схемно решение, а също и от вида и качеството на използваните елементи. Тя може да бъде анализирана както в статичен, така и в динамичен режим.

Грешката на резултата от измерването зависи от метеорологичните характеристики на измервателното средство, от условията, при които се извършва измерването, от съвършенството на метода, от степента съгласуваност на измервателното средство с обекта на изследване на приемника, от добросъвестността и опитността на оператора. Грешката на измерването може чувствително на надвишава грешките на използваните мерки и уреди, ако не се спазват определени правила на измерването и не се внесат корекции, отчитащ и дестабилизиращото действие на влияещите фактори. От друга страна, като се използват специални методи за отстраняване на грешките и статистическа обработка на данните, в някои случаи може да се постигне грешка на измерването, по-малка от грешката на измервателните средства.

Независимо от физическия смисъл и специфичните особености, характеризиращи грешката на измервателните средства и грешката на измерването, техните научни и методологични основи имат много общо помежду си. Грешката в най-общият случай може да се представи както в единиците на измерваната величина, така и в относителни единици. В зависимост от това **различаваме абсолютна (Δ) и относителна (ε) грешка.**

Абсолютната грешка на резултата от измерването представлява разлика между получения резултат X_H и истинската стойност на измерваната величина (X_0):

$$\Delta = X_H - X_0 \quad (4)$$

Абсолютната грешка, взета с обратен знак, се нарича поправка.

Относителната грешка се нарича отношението на абсолютната грешка към истинската стойност на измерваната величина. Обикновено относителната грешка се изразява в проценти:

$$\delta\% = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100 \quad (5)$$

За оценка на точността на измервателното средство се използва **приведената грешка ε_H** , представляваща отношение на абсолютната грешка към нормиращата стойност. Най-често за нормираща стойност се приема горната граница X_H на измерителния обхват:

$$\varepsilon\% = \frac{\Delta X}{X_H} \cdot 100 \quad (6)$$

От приведената грешка се определя една от най-важните метеорологични характеристики на електромера - клас на точност.

В зависимост от причините за възникване грешките се разделят на инструментални, методически, грешки от отчитане и грешки от неправилна работа с измервателното средство.

Инструменталните грешки са следствие на конструктивни и технологични недостатъци на измервателните средства. Типични примери са: грешките от неправилно градуиране, грешките от триене при измервателните механизми, грешката вследствие отклонение на параметрите на елементите от номиналните им стойности (толерансни грешки) или вследствие на изменението им с течение на времето (стареене на елементите).

Методическите грешки се дължат на несъвършенството на приетия измервателен метод или са резултат на приети опростявания на функционалните зависимости, които са основа на метода или принципа на действие на измервателните средства. Типични примери са: грешката вследствие на консумираната от уредите мощност, грешката от статизъм, грешката отквантуване при дискретните измервателни средства каквито са статичните електромери.

Грешките от отчитане зависят от вида на отчитащото устройство и субективните особености на оператора. Този вид грешки отсъстват при измерване с дискретни измервателни устройства.

Грешките от неправилно използване на измервателните средства възникват при отклонение от нормалните условия на градуиране и атестиране. Причини за това могат да бъдат: неправилно разположение на уредите на уредите в пространството (важи за индукционните електромери), отклонение на указателя за равновесие от нулата при нулев входен сигнал, влияние на съседно разположени уреди, изменение на температурата, на честотата и захранващото напрежение, наличие на външни електромагнитни полета, сътресения и вибрации и други.

Анализът на грешката на измервателните средства показва, че е целесъобразно тя да се разглежда като съставена от две части. Едната е независима от коефициента на преобразуване и е постоянна за всички стойности на измерваната величина и се нарича **адитивна**. Втората компонента на грешката се изменя пропорционално на текущата стойност на измерваната величина в случая електроенергия и се нарича **мултипликативна**. Абсолютната грешка може да се представи с израза:

$$\Delta X = \pm(\Delta_0 + \varepsilon_0 \cdot X) \quad (7)$$

където:

Δ_0 -адитивна съставка на грешката;

ε_0 -грешката на коефициента на преобразуване;

X -стойност на входната величина.

Основна грешка на измервателните средства се нарича грешката, определена при нормални стойности на влияещите фактори в съответствие с изискванията за стандарта.

Максимално допустима грешка се нарича най-голямата приведена грешка, която могат да допускат измервателните средства в съответствие с изискванията на нормативните документи.

• Константа на измервателни уреди

Аналоговите измервателни уреди позволяват измервания на величина $X_{изм}$, като отчетените от апарата скални деления $\theta_{отч}$ се умножават с константата на апарата $K_{ан}$, или:

$$X_{изм} = K_{ан} \cdot \theta_{отч} \quad (8)$$

Скалното деление е най-малкото деление, отбелязано на скалата. Тогава при измерване с амперметър, волтметър и ватметър се получава:

$$I_{изм} = K_A \cdot \theta_{отч}, U_{изм} = K_V \cdot \theta_{отч}, P_{изм} = K_W \cdot \theta_{отч} \quad (9)$$

Константите на апаратите се получават от номиналната стойност на избрания обхват, разделена на максималния брой деления на скалта на уреда.

$$K_A = \frac{I_H}{\theta_{max}}, K_V = \frac{U_H}{\theta_{max}}, K_W = \frac{P_H}{\theta_{max}} = \frac{U_H \cdot I_H \cos \varphi}{\theta_{max}} \quad (10)$$

Тъй като ватметърът е умножаващо устройство ($P = U \cdot I \cos \varphi$) с две намотки (напрежителна и токова), номиналната стойност на „P” се определя от номиналните стойности на U и I на избраните обхвати на двете намотки и от стойността $\cos \varphi$. Подборът на $\cos \varphi$ е извършен от производителя и стойността му е заложена при проектирането на апарата. В измерванията се използват най-често ватметри с $\cos \varphi = 1$ но също и ватметри с $\cos \varphi = 0,1$ (отбелязани върху скалата).

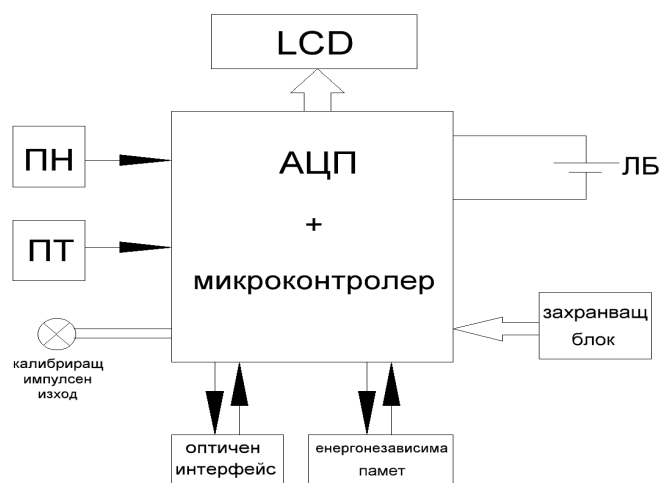
Изборът на обхвата на измервателния апарат се извършва съобразно големината на измерената величина. Стойността ѝ никога не бива да надминава номиналната стойност на избрания обхват. Обхватите се подбират така, че отчитанията да не се извършват в първата третина на скалата, с цел да се намали относителната грешка от използването на апарата.

• Монофазен статичен електромер. Устройство и принцип на действие

Статичният (електронен) електромер измества от приложение индукционния, като делът му нараства благодарение на големи възможности за функционалност и съвременни характеристики, осигуряващи редица предимства: липса на въртящи се части (а следователно липса и на механично износване), възможност за дистанционно мерене, лесно организиране на отчитане по няколко тарифи, електронен часовник за смяна на тарифите и други.

• Устройство и принцип на действие

Електронните електромери са усъвършенствани устройства, чиято структура е показана фиг.5.



Фиг.5 Опростена вътрешна блокова схема на статичен електромер

Статичният електромер има вградени преобразуватели за ток (ПТ-нискоомен високостабилен шунтов резистор - „Датчик на Хол”) и за напрежение (ПН-еталонен делител на напрежение). Информацията за големината на тока се подава от токовия преобразувател ПТ на аналогово-цифровия преобразувател (АЦП). Делителят на напрежение ПН подава сигнал към входа на АЦП за преобразуване в цифров вид.

Изчисляването на енергията се извършва от микроконтролер, който е съставен от два модула – изчислителен процесор и процесор с общо предназначение. Енергонезависимата памет представлява електрически препрограмируема памет (EEPROM), която гарантира съхраняване на данните за години и позволява милион презаписа. Енергонезависимата памет се използва за съхранение на информацията в енергийните регистри, месечните отчети, системни параметри на електромера и други. Електромерът има вграден захранващ блок, който осигурява необходимите напрежения за правилната работа на всички модули за функциониране. Някои електромери разполагат с вграден часовник-календар, чието предназначение е да превключва тарифите в съответствие с тарифната схема. Непрекъснатата работа на часовника се осигурява от литиева батерия (ЛБ), гарантираща експлоатация до 10 години. Визуализацията на данните се осъществява на дисплей, който представлява течнокристален индикатор (LCD). Електромерът е снабден с оптичен интерфейс, който предоставя възможност за параметризиране, настройка на дата и час, четене на енергийните регистри, месечни отчети и други.

За проверка на точността на електромера на лицеви панел има изведен калибриращ импулсен изход (светодиод). Когато електромера натрупа активна енергия по-голяма от определено количество ΔE (Wh) той генерира светлинен импулс. Най-малката регистрируема енергия ΔE от електромера обуславя преводното число на електромера:

$$\kappa = \frac{1000}{\Delta E}, imp / kWh \quad (11)$$

Светодиода мига с честота на импулсите

$$f_{pulse} = \frac{k.P}{3600} \quad (12)$$

където:

κ – преводното число на електромера

P – активната мощност W

3600 – секунди за един час

В режим „Anti-creep” светодиодът започва да свети непрекъснато, когато изходният ток на електромера е по-малък от стартовия. За различните електромери този ток е различен, но обикновено варира в диапазона 10 до 20mA.

Някои статични електромери позволяват двупосочно измерване, като при обратното свързване на токовата верига автоматично се превключва тарифата и отчитането става по тарифата за обратно включване.

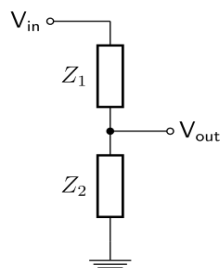
Освен тарифата за обратно отчитане електромерите имат възможност да отчитат консумираната енергия по още най-малко две тарифи. Превключването от една на друга тарифа става вътрешно (при електромерите с вградени часовници) или външно (при електромери без вградени часовници – те имат допълнителен извод за превключващия сигнал).

На табелката на електромера са посочени номиналните напрежение и ток, както и максималния ток (в скоби). Максимален е този ток, при който електромерът може да работи продължително без грешката му да надхвърли допустимата. В паспорта на електромера са записани важни характеристики (еднофазен или трифазен, вид измерване, клас на точност, брой тарифи и други).

• Преобразуватели на ток и напрежение.

- Преобразуватели на напрежение

Преобразувателите на напрежение са точен високоомен делител с показана на фиг.6 схема изградена от два образцови (точни) резистора свързани последователно Z_1 и Z_2

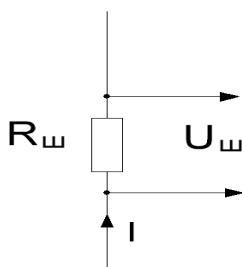


Фиг.6 Принципна схема на делител на напрежение

Делителят се изгражда с образцови резистори свързани последователно в електрическата верига. По такъв начин тя се разделя на два участъка, сумата на напрежения върху които е равно на входното напрежение.

• Входни преобразуватели на ток

В електронните уреди обикновено токът се преобразува в напрежителен пад $U_{ш}$ чрез електрически шунтове (фиг.7). Като входният импеданс (входното съпротивление) на уреда трябва да бъде по-голямо. При променлив и импулсен ток се налага използването на безреактивни шунтове. Също така като преобразуватели на ток в статичните електромери са датчиците на Хол.



Фиг.7 едностепенен шунтов резистор

При статичните електромери напрежението $U_{ш}$ се подава на входа на АЦП, който през определени интервали от време преобразува моментната стойност на U_I в двоично число M_I , което е пропорционално на тока I . За получаване на достатъчна точност на измерването е необходимо за 1 s да се формират не по-малко от 2000 числа. По аналогичен начин на входа на преобразувателя ПН постъпва мрежовото напрежение U . Той го преобразува в U_U и на изхода на АЦП в същите моменти от време и се получават други

двоични числа M_U , пропорционални на U . За постигане на достатъчна точност на преобразуването числата M_I и M_U са между 16- и 24-разредни.

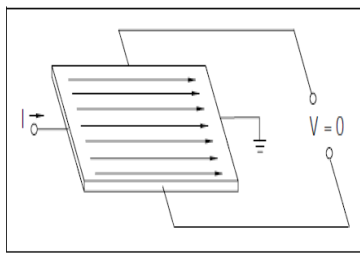
В микроконтролера се умножават двойките M_I и M_U , отчитани в дадения момента от времето. Получените произведения се натрупват в паметта и на тяхна основа може да се определи активната енергия E_a .

• Сензор на Хол

Сензорът на Хол е електронен елемент основаващ се на ефекта на Хол. Този ефект е бил открит от американският физик д-р Едуин Хърберт Хол през 1878 г

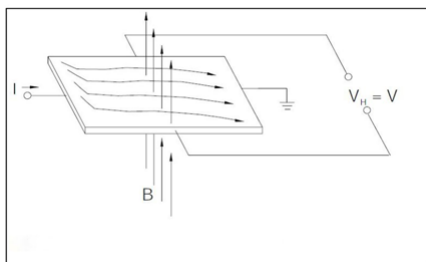
Когато през метален проводник във вид на плоска пластинка, по която тече ток е поставена в магнитно поле, под действието на напречната магнитната сила „F”, движещите се токови носители биват отклонявани към едната страна на пластинката. По този начин силата на Лоренц ще доведе до натрупването на отрицателен заряд в единия край на проводника и на положителен в другия му край дотогава, докато възникналото в резултат на това електрическо поле не компенсира магнитната компонента на силата на Лоренц. Също така Хол определил, че това напрежение е пропорционално на магнитният поток, който се разпространява перпендикулярно на дължината на проводника и пропорционално на големината на протичащия през пластинката ток.

Както бе обяснено по-горе, когато проводник, по който тече ток е поставен в магнитно поле, възниква друго електрично поле (Холова потенциална разлика) в посока перпендикулярна на тока I и на магнитната индукция B .



Фиг.8 При отсъствие на магнитно поле

От фиг.8 става ясно, че когато магнитната индукция $B=0$ и която е перпендикулярна на тока „ I ”, то не се наблюдава потенциална разлика между горния и долния ръб на пластинката, т.е. не се наблюдава и ефекта на Хол, тъй като токът „ I ” и токовите носители се разпространяват линейно и не биват отклонявани. Когато проводникът (пластинка) бъде поставен в магнитно поле, както е показано на фиг. 1.15, тогава силата на Лоренц оказва влияние върху протичащия през проводник електричен ток. Така нормалното разпространение на тока бива нарушено и в резултат възниква потенциална разлика между точките маркирани на фиг.9.



Фиг.9 Ефект на Хол и възникналата Холова разлика

Напрежението на Хол V_H е пропорционално на тока „I” и магнитната индукция на полето „B”, стойността на „U” е малка между 7-300mV, това налага използването на усилватели, за да може стойността да бъде измерана.

Устройствата работещи на принципа на ефекта на Хол биват: аналогови и дигитални. Ако измерим напрежението на Хол, когато не прилагаме никакво магнитно поле върху елемента, то $U=0$, но ако измерим напрежението между всеки един изходен терминал на Холовия елемент респективно към земята, то ще отчетем някакво ненулево напрежение, това е така нареченото Common mode voltage (CMV), което напрежение има една и съща стойност на всеки изходен терминал, но с противоположен знак, което всъщност е нулевата потенциална разлика.

Днес сензорите работещи на принципа на ефекта на Хол могат да бъдат открити на много места: компютърни клавиатури, шевни машини, автомобили, металорежещи автомати, медицински апарати, въздухоплавателни съдове, двигатели, статичните електромери и други.

• Аналогово-цифров преобразувател АЦП

Предназначението на АЦП е свързано с преобразуване на входно напрежение в пропорционално на големината му двоично число. Съществува голямо разнообразие от АЦП, при това класификацията им може да бъде извършена по редица признаци: метод за изграждане, разредност, работна честотна лента, технология за реализация, брой канали (брой АЦП върху една ИС), приложни области др.

Според метода на изграждане най-общо се различават: паралелни АЦП (word at a time), тегловни АЦП (digit at a time) и преброителни АЦП (level at a time).

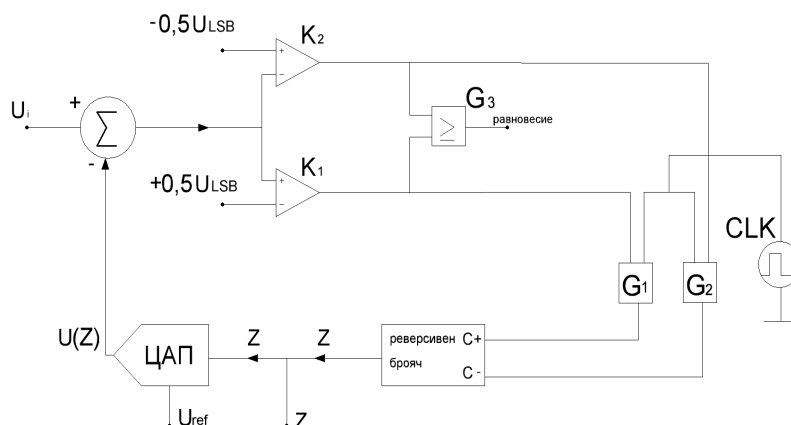
- **При паралелния метод** входното напрежение едновременно се сравнява с 2^{n-1} напрежения и се определя между кои две нива се намира. Резултатът се получава на един такт. По този метод се изграждат най-бързите АЦП с време на преобразуване до няколко нано секунди, но със сравнително ниска разредност n и голям брой активни и пасивни елементи.

- **При тегловния метод** резултатът не може да се получи на един такт. При тях на всеки такт се определя един разред от двоичното число. Първоначално се определя стойността на най-старшия разред, като входното напрежение се сравнява с опорното напрежение. Ако входното напрежение е по-голямо от опорното, най-старшият разред получава стойност „1” и от входното напрежение се получава опорното напрежение. След възстановяване в единица на следващия разред се премерва неговото тегло и т.н. Резултатът се получава на толкова такта, колкото е разредността на двоичното число и колкото са опорните напрежения. По този метод се реализират по-голяма част от АЦП с разредност 10 - 12 бита и време за преобразуването 10s .

Преброителният метод за преобразуване е най –лесен за приложение. При него двоичното число се получава чрез преброяването на количеството напрежения U_{LSB} , съдържащи се във входното напрежение. Резултатът се получава за максимално 2^n такта, когато трябва да се получи максимално число 2^n съответстващо на максималното входно напрежение от работния обхват. По този метод се изграждат сравнително бавни, но високоразредни АЦП.

Преброителен метод на преобразуване. АЦП, работещи по този метод, използват елементарни средства и достига висока точност. Времето за преобразуване при тях е значително

по-голямо от АЦП, използващи паралелния и тегловния метод. Типичните стойности на времето за преобразуване обикновено са в границите от 1 до 100s . За много практически случаи обаче това е напълно достатъчно и за това преброятелният метод е широко разпространен.



Фиг.10 Компенсационен аналогов – цифров преобразувател

С помощта на изчисления от входното напрежение се изважда компенсиращото напрежение, като получената разлика се подава на

компараторите K_1 и K_2 , които имат опорни напрежения, съответно $+0,5U_{LSB}$ и $-0,5U_{LSB}$.

Ако разликата $U_i - U(Z)$ е по-голяма от $0,5U_{LSB}$, сработва компараторът K_1 и се разрешава електронната врата G_1 , която пропуска импулсите от тактовия генератор към сумиращия вход C на реверсивния брояч. Той увеличава съдържанието си (числото Z се увеличава). В резултат на което $U(Z)$ се приближава към входното напрежение. Ако разликата $U_i - U(Z)$ е по-малка от $-0,5U_{LSB}$, сработва компараторът K_2 и се разрешава електронната врата G_2 , която пропуска импулсите към изваждащия вход C^- на реверсивния брояч. Тогава компенсиращото напрежение $U(Z)$ намалява, отново догонвайки входното напрежение U_i . Така чрез нарастване или намаляване на числото Z , подадено към входа на ЦАП, изходното му напрежение непрекъснато следи промяната на входното напрежение. За това тези АЦП се наричат още преобразуватели от следящ тип (Tracking ADC). Когато разликата $U_i - U(Z)$ се установи в границите $0,5U_{LSB}$, електронните врати G_1 и G_2 са затворени и не пропускат импулси към брояча. Това е равновесният режим, при който напрежението $U(Z)$ е достигнало U_i . Тогава подаденият на входа на ЦАП цифров код Z съответства на U_i . Това състояние се регистрира с логическия елемент G_3 , който се установя във единица, тъй като в изходите на двата компаратора има логическа нула.

Примерни интегрални схеми на 10-разредни компенсационни АЦП са ADC856, ZN433 и др.

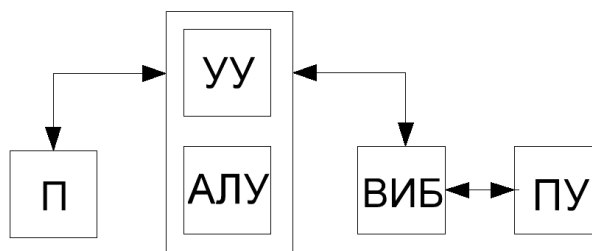
• Микропроцесори

Една от областите, която заема основен дял по използването на микропроцесори е измервателната техника. Включването на микропроцесори в измервателните устройства доведе до увеличаването на тяхната точност, разширяване на функционалните им възможности, повишаване на бързодействието.

Основното предназначение на едно микропроцесорно устройство е аналогично с това електронно изчислителна машина и се свежда до обработка на информация и

управление. В него се въвеждат данни, резултати от измерване и други, които се обработват в съответствие с предварително зададен алгоритъм.

Структурната схема на микропроцесорно устройство е дадена на фиг.1.11 съдържащо следните блокове:



Фиг.11 Структурна схема на микропроцесорно устройство

- **Аритметично логическото устройство (АЛУ)** е предназначено за математически операции събиране, изваждане, умножение, деление и др.

Основната операция заложена в микропроцесора като статичен електромер е умножение ток I по напрежение U и по времето t , като енергията се изчислява в $kW.h$.

- **Управляващо устройство (УУ)** корординира работата на всички останали блокове и синхронизира информацията през микропроцесора. Действието на УУ се задава по определен алгоритъм чрез инструкции изпълняващ програмен код.

АЛУ и УУ са обединени в централно процесорно устройство или микропроцесор. Хардуерът на микропроцесора представлява една или няколко програмируеми големи интегрални схеми, които изпълняват функциите на стандартен процесор.

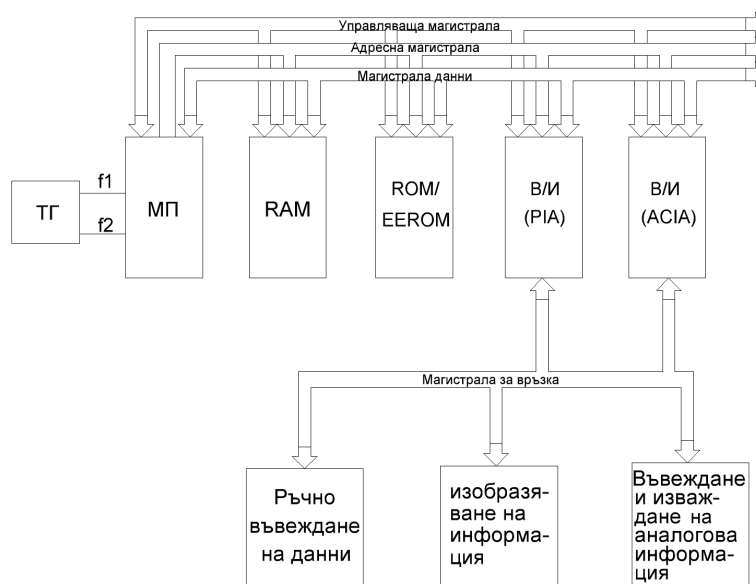
- **Паметта (П)** служи за съхранение на програмите в специални регистри.

- **Входно-изходният блок (ВИБ)** осъществява връзката на микропроцесора с различни външни периферни устройства (ПУ).

Всяко устройство с микропроцесорно управление освен микропроцесор (МП) съдържа и други интегрални схеми памет, входно-изходни буфери (В/И) (PIA и ACIA) и др.

Съвкупността от микропроцесор, памет и В/И, организирани в цифрова система се нарича микропроцесорна система. Тя трябва да изпълнява функциите запомняне, обработка, обмен, управление и визуализация.

Блоковата схема на микропроцесорна система е показана на фиг.12. Микропроцесорът пренася цифровите сигнали към блоковете на системата чрез три магистрали (адресна магистрала, магистрала за данни, и управляваща магистрала). За осигуряване на работата на МП е необходим **тактов генератор (ТГ)** с две кварцово стабилизирани честоти f_1 и f_2 . Към него има определени изисквания, конкретни за всеки микропроцесор – честота, амплитуда и форма на сигнала. МП позволява на системата да работи с динамични памет, да има възможност за директен достъп до паметта и други функции.



Фиг.12 Обобщена блокова схема на електронно устройство с микропроцесорно управление

Чрез адресната магистрала, магистралата за данни и управляващата магистрала, микропроцесорът извършва обмен на информация с паметите RAM и ROM и адаптерите за В/И.

В МП се използват **статична ROM и динамична памет RAM**, като динамичните памети RAM изискват опресняване на всеки 32 или 16 μs .

Основните операции, чрез които микропроцесорът извършва обмен на данни с останалите блокове от системата, са четене (R) и запис (W). Тези операции се пренасят по трите магистрала. Освен паметите RAM и ROM към основните елементи на МП спадат и блоковете за **последователен и паралелен интерфейс (PIA и ACIA)**. Чрез тях се осъществява връзката на МП с други електронни устройства, сензори, с оператори и др.

Средствата на въвеждане, изваждане и съхраняване на информацията.

Използва се ръчното въвеждане на информацията с бутони и клавиатури, като може да се въвежда цифрова и буквено-цифрова информация. Получената в резултат на обработката информация се подава най-често на цифрови индикатори.

За да може да се осигури връзка с различни сензори, са необходими средства за въвеждане на аналогова информация в микропроцесорната система. Това се прави с АЦП за преобразуване на аналоговата информация в цифрова.

Приложение: Използването на микропроцесорите превръща измервателните уреди и системи в „интелигентни“ устройства, способни да обработват измервателната информация и да я представят в необходимия вид. Измениха се методите на изграждане на измервателните средства.

Основните възможности, които се създават в резултат на въвеждането на микропроцесорни системи в измервателните уреди, са следните:

- **Построяването на многофункционални измервателни уреди**, предназначени за измерване на няколко входни величини, като те се определят от изпълняваната програма и могат да бъдат лесно изменени чрез преминаването в друга програма. Това създава гъвкавост при експлоатацията и позволява да се увеличат функциите на уреда по програмен път без съществени промени в апаратната реализация.

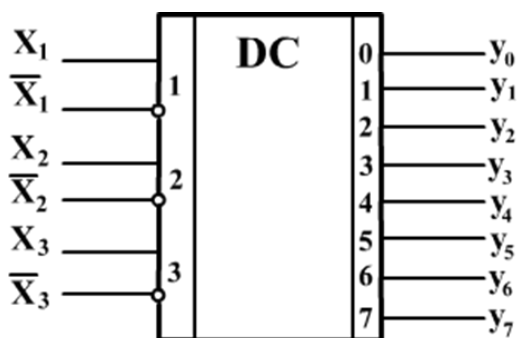
- **Повишаване на точността на измервателните уреди.** Основните възможности за повишаване на точността се състоят в автоматично изключване на систематичните грешки, автоматично изпълнение на калибровъчни операции, намаляване на случайните грешки чрез провеждане на многократни измервания с последваща обработка на резултатите, откриване и изключване на грубите грешки и други.

- **Разширяване на измервателните възможности на уредите.** Използването на микропроцесори съществено разшири възможностите за измерване на широка гама от различни физични величини.

- **Възможност за математична обработка на измерените стойности.** В много случаи с измерената физична величина е необходимо да бъдат извършени различни математични преобразувания. Уредите с вградени микропроцесори позволяват тези преобразувания да бъдат извършени автоматично.

- **Опростяване на управлението на измервателните уреди.** Използването на микропроцесорните системи в измервателните уреди допринася за намаляване на техните габарити и консумация, за повишаване на надеждността им и съкращаване на времето за тяхната обработка. Уредите с микропроцесорно управление обикновено имат интерфейсно устройство, с помощта на което те могат да се включват заедно с други уреди в измервателно-изчислителни комплекси.

• Дешифратори

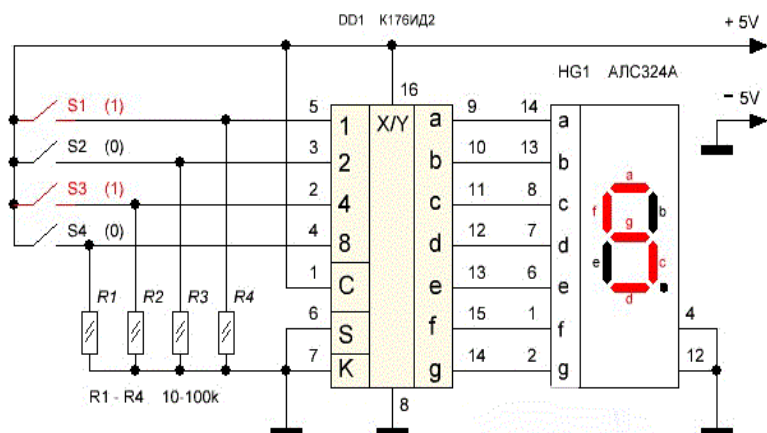


Фиг.13 Блокова схема на Дешифратор

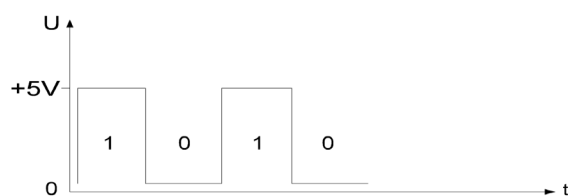
Цифровото устройство от фиг.13 преобразува двоичните числа в десетични и се наричат дешифратори или декодери, в случаят изграден с инверсни входове. Входовете на дешифратора са предназначени за двоични числа, като изходите му се номерират последователно с десетични числа. Когато на входовете се подаде двоично число, появява се сигнал на този изход, номерът на който съответства на входното число.

Например, ако на входа се подава числото 0011, то сигналът ще се появи на третия изход. Символът DC е съкращение от английската дума Decoder, като в лявата страна на схемата са входните теглови коефициенти на двоичния код, а отдясно – изходи (десетични числа съответстващи на отделните комбинации на входните двоични числа). На всеки от изходите се получава сигнал с високо ниво (лог.1) само при определена комбинация на входа. Ако трябва да се построи дешифратор с 16 изхода за дешифриране на всички възможни комбинации на 4 разряден двоичен код 8-4-2-1, той се изгражда от два дешифратора.

Дешифраторите са основните елементи в архитектурата на статичния електромер. Сигналите от микропроцесора към дешифратора преобразува информацията в десетична система (от 0 до 9) която се визуализира на LCD дисплея на електромера.



Фиг.14 Принципна схема на преобразуване число от двоична в десетична система



Фиг.15 Цифров сигнал за TTL двоичен брояч

• Дисплей, оптичен интерфейс и калибриращ импулсен изход (измервателен индикатор)

Стойностите на измерваната енергия се показва на дисплея в цифри от десетичната бройна система в kWh за E_a , в kVarh за E_r и в kVAh за E . В нашия случай в kWh. Изключение правят електромерите за големи консуматори, които измерват в MWh, MVarh или MVAh. Броят на цифрите е между 5 и 10, като една до три са след десетичната точка. Например дисплей с брой на разрядите XXXXXX.x kWh отчита активна енергия с точност 0,1 kWh (промяна с 1 на последната цифра се получава при промяна на енергията с 0,1 kWh), а най-голямата ѝ стойност е 999999.9 kWh. Последната е прието да се нарича разделителна способност на регистриращата система.

При голяма част електронните електромери дисплеите са течнокристални или светодиодни. Някои електромери с течнокристален дисплей имат вградена батерия или акумулатор за отчитане на показанията им дори при липса на мрежово напрежение.

Ръчното превключване се изпълнява чрез устройство, изпращащо необходимите команди към оптичния (инфракчервен) порт на електромера. Няколко десетки секунди след подаването им, електромерът сам се връща към режим на автоматично превключване. Частта от електромера за въвеждане на данни (не само инструкции) от оптичния вход, се нарича оптичен интерфейс или интерфейс за вътрешна комуникация. Освен него, обикновено повечето електромери имат на лицевия си панел бутон, първото натискане на който осигурява преминаването на ръчно превключване, а всяко следващо води до изписване на една от вида измерени енергии.

Една от функциите на микропроцесора е изработването на импулси с определена продължителност, която типично е няколко десетки ms. На всеки от тях съответства определено количество енергия, определяна от константата на електромера, зададена на лицевия панел с типични стойности 100, 1000 и 10000 импулса за kWh. Те се подават на измервателен индикатор (обикновено светодиоди), чиято честота на мигане е пропорционална на големината на консумираната в момента активна енергия.

• Изчислителни електрически товари

Чрез електромерите може да се вземе важна информация за определяне на електрическите товари и да се определи товаров график на потребител или група потребители за определен период от време, като ден, седмица, месец, сезон и година. Със статични електромери това става много по-лесно от колкото с индукционни. Изходният параметър е пренасяната мощност.

• Изследване на монофазен статичен електромер

• Общи положения

Експерименталните изследвания на монофазен статичен електромер се базират на измерване на електроенергия в лабораторни условия. При опитите се измерва 100% активна енергия чрез включване на поредица от електрически лампи с нажежаема жичка. Направените измервания с монофазен индукционен електромер се сравняват между работата и

точността на двата електромера – статичен и индукционен. Точността на измерване с електромер е важна характеристика поради търговската дейност за контролно измерване и баланс.

• Проверка на точността на електромера се извършва по методиката:

- Първо се отчитат броя на импулсите на светодиода (обороти на диска при индукционния електромер), като грешката се изчислява по зависимостта:

$$\beta = \frac{C_e n - Pt}{Pt} 100\% = \frac{W_{изм.} - W_{изч.}}{W_{изч.}} 100\% \quad (13)$$

където:

n – брой обороти на диска при индукционния електромер или брой мигания на светлинния индикатор на статичния електромер.

t – времето за което са обработени n импулса от светодиода.

P – мощността измерена с ватметър, W

$W_{изм.}$ - Измерената с електромера електроенергия.

$$W_{изм.} = C_e \cdot n \quad (14)$$

$W_{изч.}$ - Изчислената електроенергия.

$$W_{изч.} = P \cdot t \quad (15)$$

Константата:

$$C_e = \frac{1}{N} \text{ kWh/imp} = \frac{1000.3600}{N} \text{ Ws/imp} \quad (16)$$

N-преводното число на електромера – например: N=1600imp/kWh.

Преводното число е отбелязано на лицевия панел на електромера, където са дадени основните технически данни.

Основната приведена грешка на електромери за активна енергия при $\cos\varphi=1$ и товар $0,05I_H \leq I \leq I_{Max}$ е 1% за електромери с клас на точност „1” и 2% за електромери с клас на точност „2”.

- Втората стъпка от изследването е проверка за самоход, която се изпълнява при прекъсната токова верига (без консуматор) и напрежение $115\%U_{ном}$. Изследвания електромер няма самоход, ако не бъде регистриран импулс за време по-малко от 30 секунди.

Електромерът е измервателен уред при който трябва да се внимава за правилното му свързване. При размяна на началото и края на токовата верига енергията ще се отчита по тарифата за обратно свързване.

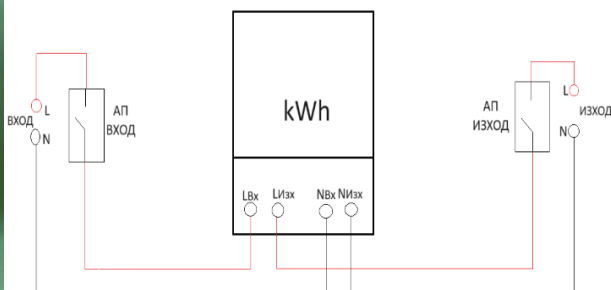
Изследваният статичен електромер е програмиран от производителя така, че при неправилно свързване той продължава да отчита електроенергията в една посока. Индукционните електромери при обратна схемата на свързване ще завъртят диска в обратна посока.

• Лабораторно устройство и технически данни за монофазен статичен електромер „Карат МО2”

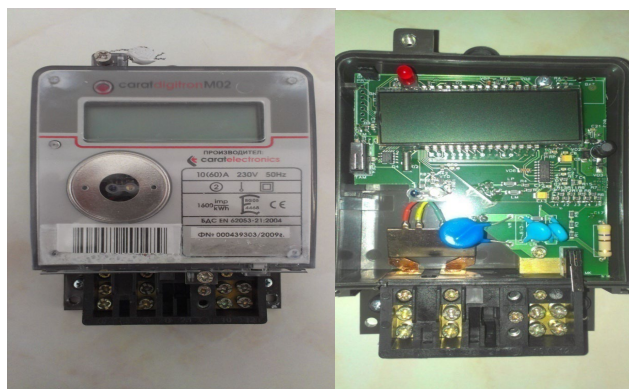
Целта на проектираното за изследване лабораторно устройство с монофазен статичен електромер е сравняването на неговата точност с електромер от индукционната система.

Лабораторното устройство се състои от:

- Монофазен статичен електромер „Карат МО2”.
- Конектор банан щекер – 4бр (два броя червени съответно за фаза вход и фаза изход, два броя черни съответно за нула вход и нула изход).
- Автоматични предпазители – 2 броя (1 брой 10А преди електромера и 1 брой 6А след електромера т.е преди активния товар).



Фиг.16 Снимка на лабораторното устройство с монтиран статичен електромер и схема на свързване към автоматични прекъсвачи.



Фиг.17 Лицева част и вътрешна платка на статичния електромер „Karat MO2”

На фиг.17 е даден монофазен статичен електромер „Karat MO2” на производителя Carat Electronics.

- Технически данни: Номинално напрежение – 230V, Номинален ток – 10(60)A (в скобите е даден максималния ток при който електромера отчита без отклонение от класа на точност), Клас на точност – 2 ($\pm 2\%$ допустима грешка), Константа (преводно число) – 1000 imp/kWh, Тарифи – 2 (нощна и дневна тарифа), Цифреност – 6/1, Енергия – Активна енергия

Функционалните възможности на статичният електромер включват: вграден часовник за управление на две тарифи, вграден календар за автоматично превключване на тарифните планове (Зима/Лято 01/11 и 01/04) и автоматична корекция на часа по европейски стандарт. Данните се отчитат посредством инфрачервен порт показан на фиг.17. Статичният електромер притежава индикатор регистриращ отворена клемна капачка и индикатор за дистанционна връзка като електромера се програмира при производителя. Той разполага с индикатор указващ посоката на протичаща енергия в права и обратна посока. OBIS идентификатор – показва каква информация се визуализира на дисплея в момента. АСТ индикатор отчитащ наличие на активната тарифа в дадено часове време от денонощието.

Режимът на визуализиране на данните на дисплея е цикличен – на всеки 10 секунди се опреснява.

Таблица .1

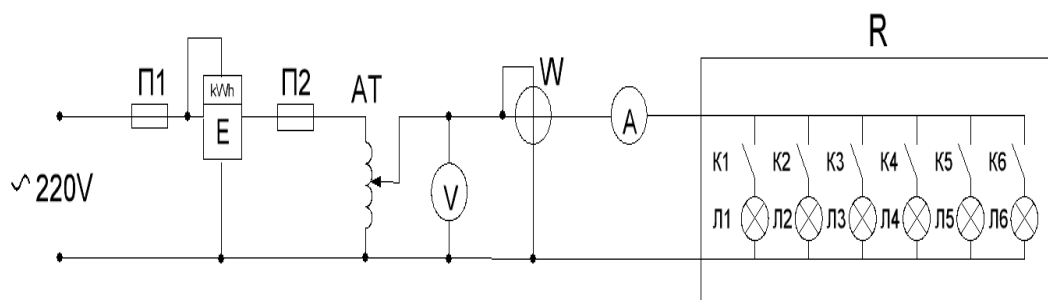
OBIS	Стойност	Значение	Забележка
F.F	0000	Индикатор за грешка	
1.8.1	000001.5	Нощна тарифа	Активната тарифа се указва със символ АСТ
1.8.2	000001.0	Дневна тарифа	Активната тарифа се указва със символ АСТ
0.9.1	14:50	Час ЧЧ:ММ	
0.9.2	24.05.16	Дата ГГ.ММ.ДД	

При възникване на грешка дисплея ще визуализира: (F.F.....). Идентификаторът за грешка се прочита посредством преносим терминал или компютър през оптичния интерфейс. Видове грешки: 0 0 0 0, I I I I -Грешка в програмната памет (критична грешка) I I I - Грешка в EEPROM, некоректна контролна сума на данните, I I - Грешка при измерване (критична грешка) , I - Грешен час/дата. Необходимо е сверяване на час/дата

- **Резултати от изследванията на статичен (електронен) и индукционен (електромеханичен) електромер**

Направени са изследвания на статичен (електронен) и индукционен (електромеханичен) електромер, като са сравнени крайните резултати между тях.

- **Резултати от изследвания на индукционен (електромеханичен) електромер и схема на опитната постановка**



Фиг.18 Схема на опитната постановка

- **Елементи изграждащи опитната постановка:**

1. Е – Индукционен (електромеханичен) електромер модел: Елиа, тип: А1 – 5Д, номинален ток: 10/40А, номинално напрежение: 220V.
2. П1 и П2 – предпазители със стопяема вложка.
3. АТ-автотрансформатор от 0 – 250V
4. V – Волтметър, 5. А – Амперметър, 6. W – Ватметър
7. R – активно съпротивление изпълнено с лампи с нажижаема жичка - от Л1 до Л6, ключове за всяка лампа - К1 до К6, Л1, Л2 и Л3 всяка по 100 W, а Л4, Л5 и Л6 по 150W.

Опитната постановка се захранва с мрежово напрежение 220V, като при нейното свързване трябва да се вземат предвид техническите мерки за безопасност описани в точка 2.3. За правилното свързване на електромера е важно да се спази свързване на клемите за фазата и нулата от източника.

- **Резултати от изследванията на индукционен електромер**

Целта при лабораторните изследвания е определяне грешката на електромера „δ” при различни стойности на мощността на активния консуматор, като са необходими следните параметри:

Индукционният електромер притежава табелката с преводно число $N = 600 \text{ об./kWh}$

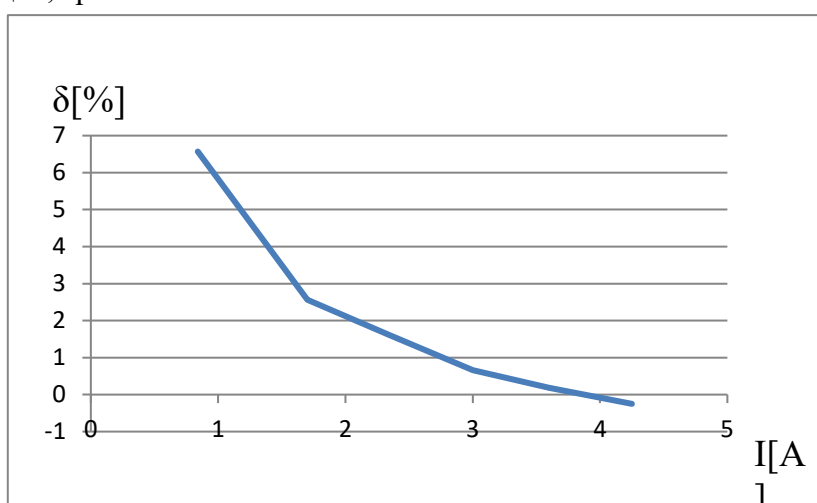
Времето за което диска на електромера прави определените обороти „n” се отчита с хронометър.

В опитната постановка са използвани аналогови измервателни апарати, затова преди измерването се определят константите на волтметъра, амперметъра и ватметъра, като се изчислява и измерва мощността и енергията.

Таблица 2 Данни от измерване и изчисляване при работа на **индукционен електромер**

t	P	U	I	n	W _{изм.}	W _{изч.}	δ
[sec]	[W]	[V]	[A]	[обороти]	[W.S]	[W.S]	%
91,3	185	220	0,84	3	18000	16891	6,57
46,8	375	220	1,7	3	18000	17550	2,56
34,4	515	220	2,35	3	18000	17716	1,6
27,3	655	220	3	3	18000	17881	0,66
22,6	795	220	3,6	3	18000	17967	0,18
19,3	935	220	4,25	3	18000	18045	-0,25

На фиг.19 е построена графика на зависимостта „ $\delta = f(I)$ ” на която се вижда, че колкото повече нараства тока, грешката става все по-малка. При много малък ток, т.е. при малка консумация, грешката е голяма.



Фиг.19 Графика на грешката на индукционен електромер

• Резултати от изследвания на статичен (електронен) електромер по схемата от опитната постановка на фиг.18.

• Резултати от изследванията на статичен електромер

Целта при лабораторните изследвания е определяне грешката на електромера „δ” при различни стойности на мощността на активния консуматор, като са необходими следните параметри:

Броят на мигвания от светлинният индикатор (светодиод) на електромера „n” се засичат с хронометър, като се отброяват 10 импулса.

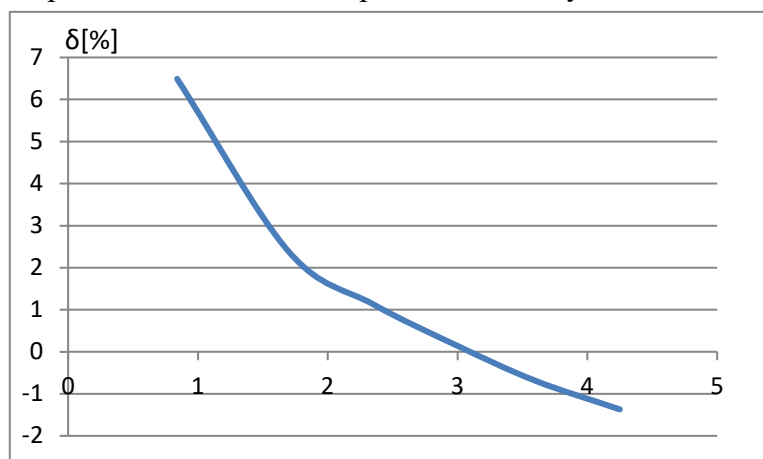
Преводното число на електромера „N”. се отчита от табелката със стойност за конкретния модел статичен електромер N=1600об./kWh.

Таблица 3 Данни от измерване и изчисляване при работа на статичен електромер

T	P	U	I	n	W _{изм.}	W _{изч.}	δ
[sec]	[W]	[V]	[A]	[имп.на отчитане]	[W.S]	[W.S]	%
114,2	185	220	0,84	10	22500	21127	6,49
58,6	375	220	1,7	10	22500	21975	2,38
43,2	515	220	2,35	10	22500	22248	1,13
34,3	655	220	3	10	22500	22467	0,14
28,5	795	220	3,6	10	22500	22658	-0,69
24,4	935	220	4,25	10	22500	22814	-1,37

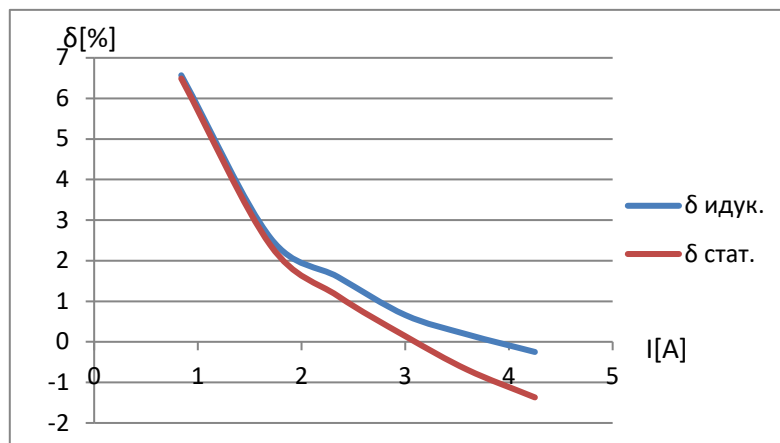
При измерването са използвани същите консуматори при същите условия. На фиг.2.10 е построена графиката на зависимостта „ $\delta = f(I)$ ”.

Изводът от анализа на графиката от фиг.20 при статичния електромер отчита, че колкото повече нараства тока, грешката става все по-малка. При много малък ток, т.е. при малка консумация, грешката е по-малка в сравнение с индукционния електромер.



Фиг.20. Графиката на грешката на статичен електромер

На фиг.21 са построени две графики за сравняване грешките между индукционния и статичния електромер спрямо тока.



Фиг.21 Графиката на сравняване на двете грешки

2.5 Дистанционно отчитане със статичен електромер

Автоматизираните системи за дистанционно отчитане, които освен електронни електромери могат да съдържат и други компютърни и комуникационни устройства, позволяват управление и непрекъснат контрол на състоянието на електромерите. Към това се прибавят възможностите за получаване на информация за повредата им или опит за намеса в тяхната работа, както и за дистанционно изключване на абоната при неспазване на договорните му задължения. Чрез подходящи модеми за електромери в такива системи могат да се използват компютърните мрежи и GSM мрежата.

• Анализ и изводи

Получените резултати от лабораторните изследвания са от реални активни еднофазни консуматори.

От графиката на фиг.21 следва, че монофазният статичен електромер измерва и отчита електроенергията по-точно от монофазния индукционен електромер при едни и същи условия след началото на измервателния обхват, също така и при едни и същи електрически товари, напрежение и мощност.

- Електроразпределителните дружества вече са извели от експлоатация индукционните електромери и са преминали към **статичните електромери** поради редица **предимства**:

- Статичните електромери притежават **много ниско или почти нулево индуктивно съпротивление ωL** спрямо индукционните, което при тях е много по-високо дължащо се на токовата намотка.

- Въртящите се части липсват при статичния електромер, което води до значително увеличаване на експлоатационния му срок.

- Статичният електромер има **вътрешен часовник за превключване на тарифите**, който се настройва при всеки месечен отчет от служител чрез терминално устройство с оптичен крайник, който се поставя на оптичен приемник към интерфейса на електромера. При статичните електромери с дистанционно отчитане наблюдението на записаните данни се извършва от диспечерския център.

- Индукционните електромери притежаваха отделен часовников превключвател, който трябваше периодично да превключва тарифите чрез **външен часовник**.

- Статичният електромер регистрира и индицира енергия в обратна посока на консумираната.

- Вграден индикатор дава сигнал при отваряне на защитния капак на електромера. Това се прави с цел намаляване до нула манипулацията на електромерите от страна на потребителите.

- Допълнителна функция на статичният електромер е измерване едновременно на трите вида електроенергия (активна, реактивна и пълна).

- Статичният електромер притежава **по-висок клас на точност, поради дигиталното отчитане**.

- **Нововъведение в измерването на енергията от съвременни захранващи системи използвани при възобновяемите енергийни източници (ВЕИ) свързани към обществената мрежа.**

- Фотоволтаичните системи (ФВС) преобразуващи слънчевата светлина в електроенергия използват двупосочни статични електромери.

- ФВС е възможно в определени часове от денонощието, например слънчев летен ден, да произвеждат повече енергия от нуждите на домакинството в момента. Генерираната излишна енергия от ФВС се доставя в електрическата мрежа за ползване от други потребители.

- Произведени са усъвършенстван модел статични електромери (**смарт**), които не само измерват консумираната енергия, но и отчитат допълнително на дисплея обратната активна енергия, наречено двупосочно измерване.

Юли 2024г.