

## 43. sz. laboratóriumi gyakorlat

### A villamos fogyasztás mérése

#### 1. Elméleti alapok

A villamos energiagazdálkodás elengedhetetlen feltétele az energia fogyasztásának, felhasználásának mérése és ehhez a mérési eszközök, módszerek helyes megválasztása. A gyakorlatban olyan műszer-összeállítást kell alkalmazni, amelyeknek segítségével mind a felhasználó, mind a szolgáltató részére az eredmények gyorsan, egyszerű áttekintéssel és a kívánt pontossággal állnak rendelkezésre.

A villamos energia mérésére a villamos fogyasztásmérők szolgálnak, amelyek a teljesítmény (hatásos, illetve meddő) és az idő szorzatát mérik.

#### 1.1. A fogyasztásmérők fajtái

Két fő csoportba sorolhatók a fogyasztásmérők:

A/ egyenáramú fogyasztásmérők

B/ váltakozó áramú fogyasztásmérők.

A/ Az egyenáramú fogyasztásmérők elterjedtsége kicsi. Bár a villamos energia egyre növekvő része kerül egyenáramként felhasználásra, a termelt energiát szinte kizárólag váltakozó áram alakjában állítják elő, így döntő mértékben elegendő utóbbinak a mérése. Ahol mégis szükség van az egyenáramú energia mérésére, ott általában megfelel a feszültség, az áram és az idő méréséből való meghatározása, de ismertek speciális műszerek is, mint pl. az elektrolitikus amperóra számlálók, vagy a frekvenciafüggetlen elektrodinamikus /motoros/ wattóra számlálók.

B/ A váltakozó áramú fogyasztásmérők kialakult két csoportja: az elektrodinamikus és az indukciós fogyasztásmérők.

1. Az elektrodinamikus /motoros/ fogyasztásmérő nagy előnye, hogy a frekvenciától függetlenül - tehát egyenáram vagy nagy felharmonikus tartalmú váltakozó áram esetén is - nagy pontossággal mér. Felépítésében részben az elektrodinamikus műszerhez, részben a kommutátoros motorhoz hasonlít. Elektrodinamométernek is nevezik. Kényesebb szerkezete, nagyobb ára miatt csak ott alkalmazzák, ahol az olcsóbb, könnyebb, egyszerűbb felépítésű indukciós fogyasztásmérő nem tud a célnak megfelelő pontossággal mérni.

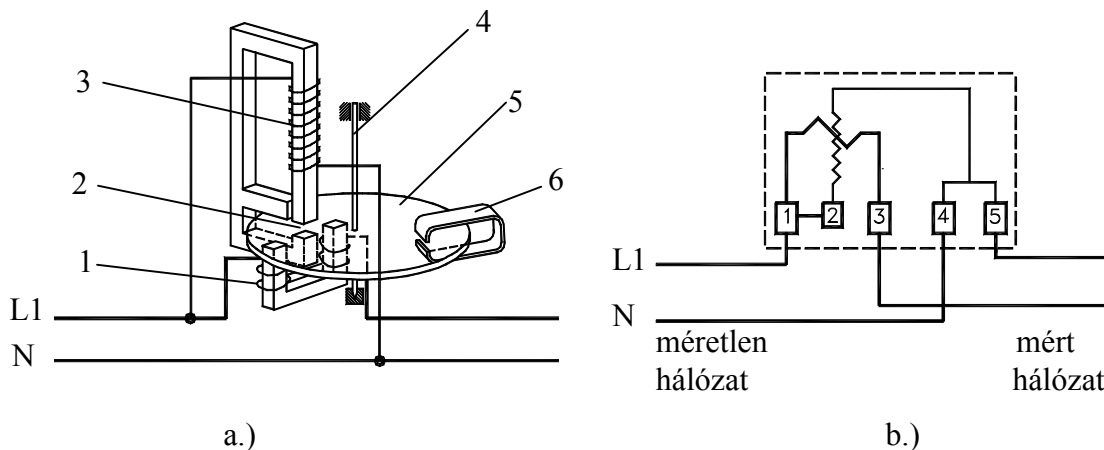
2. Az indukciós fogyasztásmérők bírnak a legnagyobb gyakorlati jelentőséggel a villamos ipar területén, a mérésünk során is ezekkel dolgozunk.

Mindkét típus kialakítható a hatásos /kWó/, a meddő /kvaró/, a látszólagos /kVAó/, a csúcs- és vegyes fogyasztás mérésére. Mindegyik fogyasztásmérő lehet egyfázisú, vagy többfázisú. A gyakorlatban közvetlen és közvetett mérésről beszélhetünk. A közvetlen mérés tartománya általában 600 V, 100 A terhelésig teljed. Ennél nagyobb értékek esetén mérőváltókat /feszültség, ill. áram transzformátorokat/ kell alkalmazni.

## 1.2. Indukciós fogyasztásmérők

### 1.2.1. Egyfázisú indukciós fogyasztásmérő

Lényegében kétfázisú aszinkronmotorként fogható fel, amelynek egyik-egyik fázis-tekercsét az áram, a másikat a feszültség táplálja. A térbeli elrendezés több póluspárnak felel meg, így pl.  $p=4$  és  $f=50$  Hz esetén a mérő forgórésze  $n=60 \cdot f/p=750$  fordulatot tesz meg percenként, a létrejövő forgómező hatására. Kapcsolástechnikailag úgy kezelendő, mint az indukciós teljesítménymérő műszer, csak itt az elmozduló rész körforgása rugóerővel nincs ellensúlyozva. Sematikus felépítése az 1.a, elvi kapcsolása az 1.b ábrán látható.



1. ábra Indukciós fogyasztásmérő a.) sematikus felépítése b.) elvi kapcsolása

A forgórész vékony alumínium tárcsa /5/, amely a feszültségtekercs /3/ és az áramtekercs /1/ vasmagja közötti légrésben /2/ foroghat el. A fázisfeszültségre kapcsolt vasmagos tekercsben ill. az áramtekercsben folyó áramok között wattos fogyasztói terhelés esetén fáziseltérés van, ennek hatására a vasmagok közötti légrésben forgó mágneses tér keletkezik. Ez a légrésben elhelyezett Al tárcsában - az erővonalak metszése következtében - feszültséget indukál, ami áramot indít meg a tárcsában (nyugalmi indukció). Az indukált áram a vasmagok mágneses terével együtt kitérítő nyomatékot hoz létre, ami a tárcsát meghajtja. Tehát az indukciós műszerek nyomatékát az állórész által gerjesztett mágneses tér, és ennek hatására a forgórészben (tárcsa) indukálódó áramok kölcsönhatása hozza létre (innen származik a műszer elnevezése). Amennyiben a műszerben ohmos terhelésnél az áram- és a feszültségfluxusok között  $90^\circ$  fáziseltolás van, akkor a tárcsa hajtónyomatéka  $M_h$ / a hatásos teljesítménnyel  $P_h$ / arányos:

$$M_h = \text{áll} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \text{áll} \cdot P_h$$

A tárcsa egy állandó mágnes (6), ún. fékezőmágnes sarkai között mozog, benne az erővonalak metszése következtében örvényáramok  $I_\delta$ / lépnek fel, melyek Lenz törvénye alapján fékezik a tárcsát. A fékező nyomaték arányos a tárcsa forgási sebességével:

$$M_f = \text{áll} \cdot \phi_m \cdot I = \text{áll} \cdot \phi_m^2 \cdot n = k \cdot n$$

A tárcsa tengelyével (4) mechanikus áttételen át kapcsolódik a számlálómű. A tárcsa forgási egyensúlyba akkor kerül, amikor a hajtó és a fékező nyomaték egyenlő.

Tehát ha

$$M_h = M_f,$$

akkor nyilvánvaló, hogy a tárcsa fordulatszáma a hatásos teljesítménnyel arányos.

Tehát egy adott  $t_1$  idő alatt megtett fordulatok száma  $/n_1/$ , a villamos munkával, energiával arányos:

$$n_1 = \int_0^{t_1} n \cdot dt = \text{áll} \cdot \int_0^{t_1} P_h \cdot dt = W_1$$

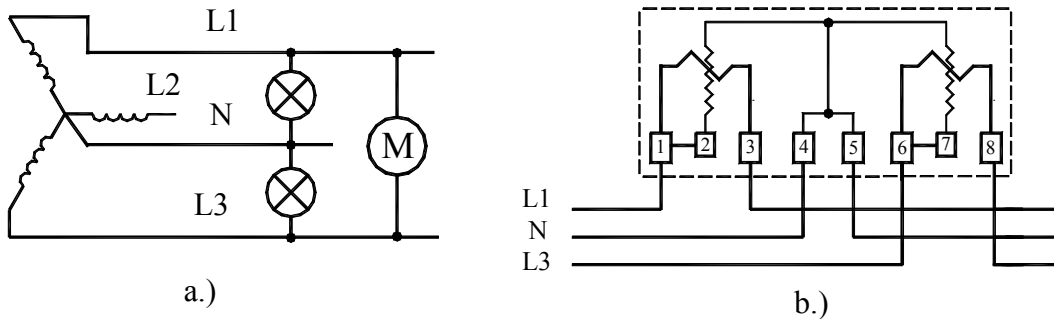
Szerkezeti vagy kapcsolástechnikai megoldásokkal elérhető, hogy a forgótárcsa hajtónyomatéka

$$M_h = \text{áll} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi = \text{áll} \cdot Q$$

legyen, miáltal a tárcsa adott idő alatti fordulatainak száma a meddőfogyasztással lesz arányos. A meddőfogyasztás mérésének elsősorban háromfázisú rendszerben van jelentősége. Az egyfázisú fogyasztásmérőt egy mérőrendszeres fogyasztásmérőnek is nevezik.

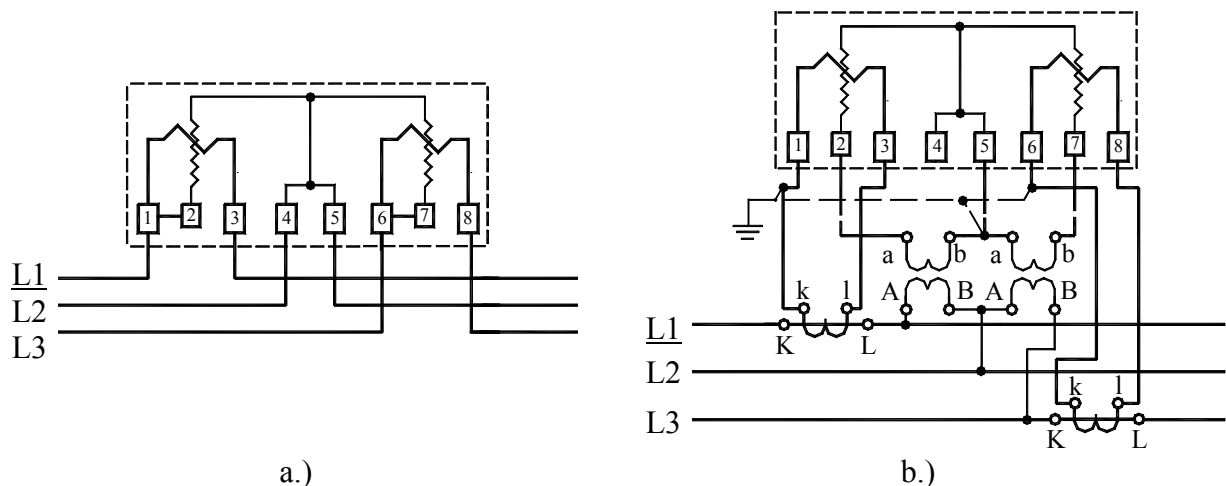
### 1.2.2. Kétfázisú indukciós fogyasztásmérő

Két egyrendszerű fogyasztásmérő egybeépítéséből alakítható ki úgy, hogy a közös forgórész-tengelyre a két fázis együttes fogyasztásával arányos nyomaték hat. Az alkalmazhatóságát és helyes bekötését a 2. ábra mutatja.



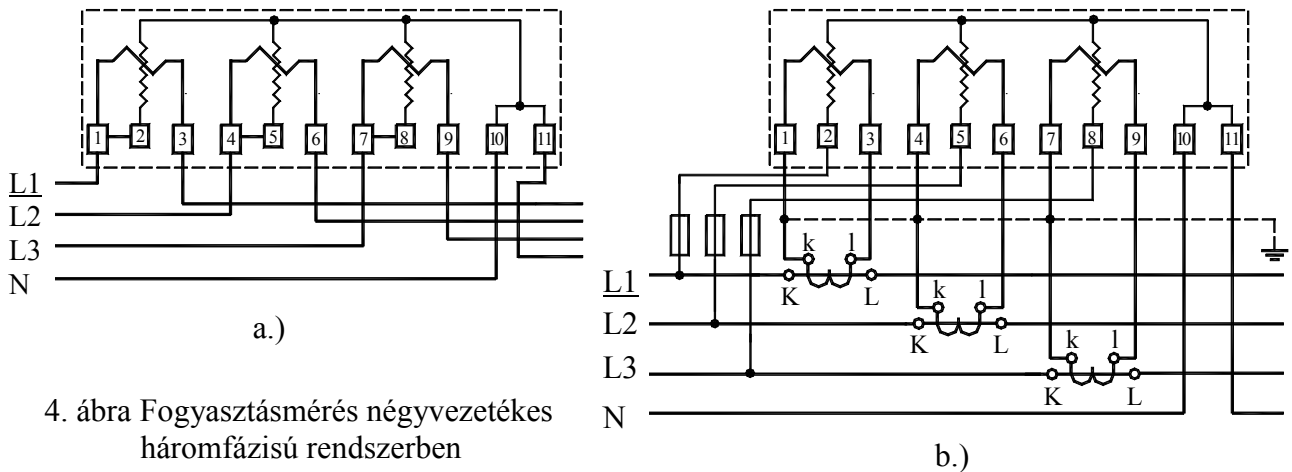
2. ábra Kétfázisú fogyasztásmérő alkalmazása  
a.) háromfázisú kétvezetékes rendszer b.) a fogyasztásmérő bekötése

### 1.2.3. Háromfázisú indukciós fogyasztásmérők



3. ábra Fogyasztás mérése háromfázisú háromvezetékes rendszerben (Aron-kapcsolás)

Szimmetrikus háromfázisú fogyasztás az egywattmérés teljesítményméréshez hasonlóan elvileg egyetlen egyfázisú fogyasztásmérővel is mérhető. Nulla vezető nélküli háromfázisú hálózatban két mérőrendszerű műszert is szabad alkalmazni kétwattmérés /Aron/ kapcsolásban (3. ábra), amikor is a két egyfázisú fogyasztásmérő közös tengelyre szerelve egyetlen fordulatszámoló művet hajt. Elvi kapcsolási rajzát a 3.a. ábra közvetlen bekötéssel, a 3.b. ábra mérőváltók beiktatásával ábrázolja.

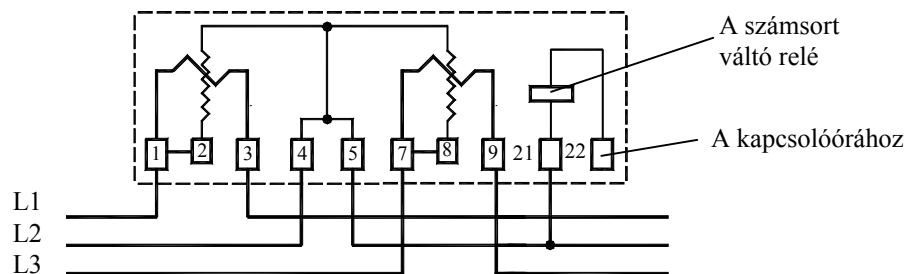


4. ábra Fogyasztásmérés négyvezetékes háromfázisú rendszerben

Nullavezető, tehát négyvezetékes háromfázisú hálózatban csak hárommérőrendszeres fogyasztásmérő alkalmazható (4. ábra). A mérés történhet közvetlen bekötéssel (4.a.ábra), illetve áramváltókon keresztül (4.b.ábra). Utóbbi esetben a műszer áthidalásait (1-2, 4-5 és 7-8 pontok között) bontani kell, és az áramváltók szekunder körét földelni kell. Tipizálási okok miatt ezek a háromvezetékes nagyfeszültségű hálózaton is mind nagyobb teret hódítanak.

#### 1.2.4. Különleges fogyasztásmérők

Az így nevezett fogyasztásmérők mérési rendszerükben teljesen megegyeznek az eddigiek során ismertetett mérőkkel. Különlegességük abban van, hogy néhány szerkezeti többletet tartalmaznak az energia árának többféle elszámolási rendszere miatt. Egy-egy típust úgy igyekeztek kialakítani, hogy az egyidejűleg egynél több árszabásfajta esetén is használható legyen. Ennek megfelelően ismerünk egy-, két- és három árszabású /tarifás/ mérőket, az utóbbi kettőnél esetleg maximummérőkkel is kiegészítetten.



5. ábra . Kétszámlálóműves, háromfázisú, háromvezetékes fogyasztásmérő

A/ A több számlálóműves mérőknek a főtengelethez több (kettő vagy három) számológép közül mindig csak az egyik kapcsolódik. A tengelykapcsolat váltását beépített relé (egy vagy kettő) végzi a külön szerelt kapcsolóóra villamos jelére. Az ilyen mérővel a nap különböző szakában fellépő fogyasztásokat (nappal, csúcsidőben, éjszaka) elkülönítve lehet rögzíteni. A különböző árszabással vételezett energiák így elkülöníthetők, emiatt többtarifás mérőknek is

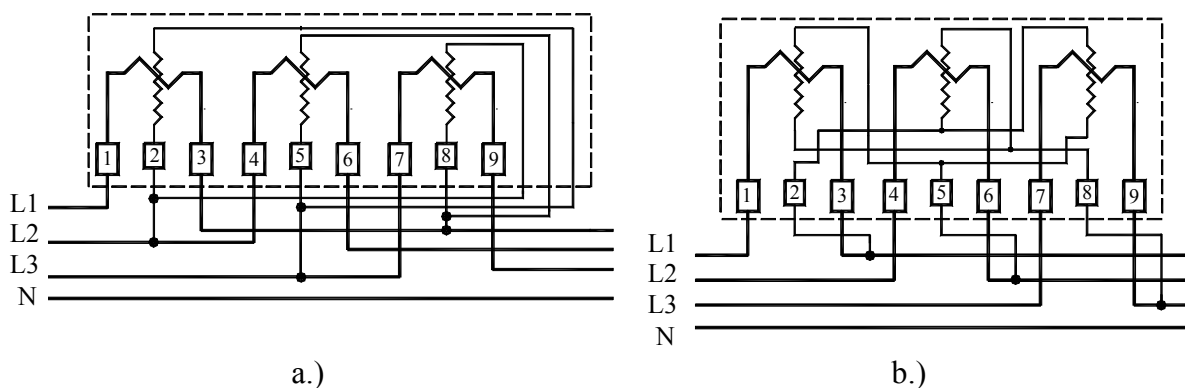
nevezik ezeket. Kétszámlálóműves, háromfázisú, háromvezetékes mérő bekötését mutatja az 5. ábra. A mérő kéttarifás, a relé gerjesztetlen állapota esetén az 1. számsoron az éjjeli fogyasztást, gerjesztett állapotban a II. számsoron a nappali fogyasztást méri, illetve mutatja.

### B/ Maximumjelzős mérők

A teljesítménydíjas elszámolású fogyasztóknál a különböző napszakokban igénybevett fogyasztás negyedórás átlagainak ellenőrzésére is szükség van, mivel a csúcspont fogyasztás egy szerződött értéket nem haladhat meg a pótdíj felszámolása nélkül. Valamennyi háromfázisú fogyasztásmérő készülhet egy, kettő vagy három maximum-mutatóval. A mérő forgórésze relével bontható áttételen át kapcsolódik a fogyasztást mérő, ún. vonómutatóval, amely magával viszi a vonszolt mutatót. A kapcsolóra 15 percnél hosszabb ideig megszakítja a relé gerjesztését, ekkor a relé elejt, a vonómutató visszaesik, a vonszolt a mutatott értéken marad. A folyamat néhány másodperc elteltével ismétlődik.

#### 1.2.5. A meddőfogyasztás mérése

A hatásos teljesítményt mérő fogyasztásmérők meddő fogyasztás mérésére is használhatók, ha kapcsaikra  $90^\circ$ -kal eltolt feszültségeket kapcsolunk. Egy háromfázisú, három mérő-rendszeres meddőfogyasztás-mérő bekötése látható a 6.a. ábrán. Az ún. műkapcsolós meddőfogyasztás-mérők esetében a  $90^\circ$ -os eltolást biztosító átkötések a mérőműszer belsejében vannak kialakítva (6.b. ábra), így a műszer bekötése egyszerűbbé válik. A meddőmérők is lehetnek egy- vagy többtarifás rendszerűek. Induktív meddő fogyasztás mérésére alkalmasak, tehát kapacitív meddő fogyasztás esetén a tárcsa visszafelé forogna, amit visszaforgás gátlóval megakadályoznak.



6. ábra Meddőfogyasztás-mérők bekötése

#### 1.2.6. Kapcsolóórák

A kapcsolóóra olyan időmérős szerkezet, amely kijelölt áramköröket meghatározott időközökben be- és kikapcsol. Az óramű rugóját időközönként és automatikusan aszinkron motor húzza fel. Az órák hajtóműve forgatja az időtárcsát, amelynek olyan az áttétele, hogy naponta egy fordulatot tesz meg (napitárcsa). A tárcsa 24 órára van osztva, peremén a kívánt kapcsolási időpontoknak megfelelően állítható és rögzíthető lovasok vannak. Ezek végzik a

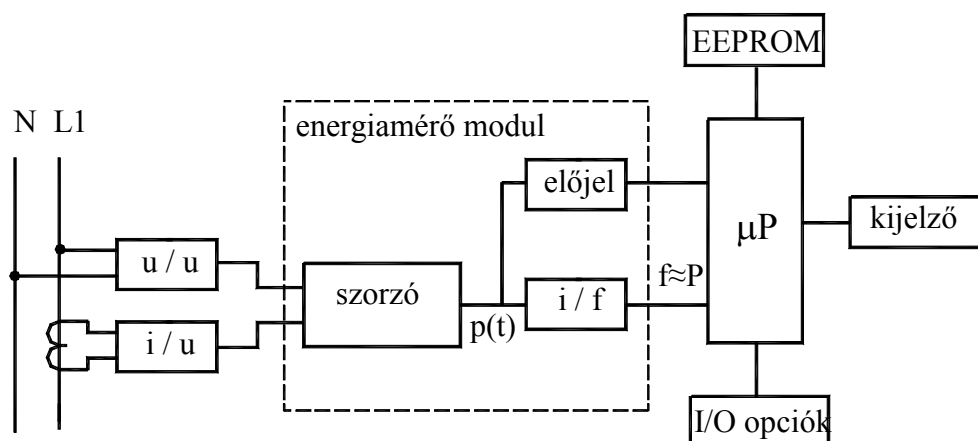
főáramkörű 10-15 A-ig terhelhető kapcsolók működtetését, amelyek esetünkben a fogyasztásmérők tarifát váltó reléit kapcsolják. Az óraműhöz csatlakozik egy másik tárcsa is (perc-tárcsa), amely egy óra alatt tesz meg egy fordulatot. Ennek a mellékáramkörű kapcsoló (terhelhetősége 0,5 A) negyedóránkénti néhány másodpercre történő kikapcsolásában van szerepe, így a maximum-mutatós fogyasztásmérő reléjének vezérlésére szolgálhat. Az idő-tárcsa felett hetitárcsa is elhelyezhető, itt a kapcsolók minimális állítási ideje 8 óra. A főáramkörű kapcsolók egy-, két- vagy háromsarkúak lehetnek. Ebből is érzékelhető, hogy a kapcsolóórákkal nagyon sokféle kapcsolási mód érhető el.

### 1.2.7. A elszámoláshoz szükséges mérők összeállítása

Csak az üzemekben legelterjedtebb teljesítménydíjas elszámolás műszereivel foglalkozunk az alábbiakban. A laboratóriumi mérés is ehhez kapcsolódik. A szükséges műszercsoport a következő:

- A: háromfázisú, egyárszabású 1,0 osztályú fogyasztásmérő. Feladata a vételezett összes villamosenergia elszámolási alapot képező mennyiségének megállapítása.
- B: háromfázisú, kétárszabású, két maximum-mutatós 2,0 osztályú fogyasztásmérő, amelynek 1. számsora az éjszakai II. számsora a nappali időszakban mért fogyasztást jelzi. A felső maximum-mutató a csúcs időszaki /nappal/, az alsó a csúcsidőszakon kívül/éjjeli igénybe vett legnagyobb negyedórás átlagfogyasztást méri.
- C: háromfázisú, 3,0 osztályú, nem műkapcsolósos, visszaforgásgátlóval ellátott meddőfogyasztás-mérő. Feladata a meddőfogyasztás mérése éjszakai időszakban az 1. számsoron, nappali időszakban a II számsoron.
- D: háromfázisú, egyárszabású, 3,0 osztályú, nem műkapcsolósos, visszaforgásgátlóval ellátott meddőfogyasztás-mérő. Feladata a kapacitív meddőenergia mérése a felér kiszámításához (ugyanis visszatáplálása nem megengedett).
- E: kapcsolóóra a fogyasztásmérőkben lévő tarifaváltó relék és a maximum mutató reléinek vezérlése..

### 1.3. Elektronikus elvű villamos fogyasztásmérő



7. ábra Elektronikus elvű villamos fogyasztásmérő blokkvázlata

Az elektronikus elvű fogyasztásmérők a feszültség és az áram pillanatnyi értékével arányos jelek szorzatát képezve állítják elő a teljesítmény pillanatnyi értékével arányos jelet (7.ábra). A mikroprocesszoros egységbe olyan frekvenciájú impulzussorozat jut, amelynek frekvenciája a teljesítménnyel arányos. Háromfázisú rendszereknél természetesen mindhárom fázis mennyiségeit külön-külön méri és tárolja is a kapott eredmények tárolására szolgáló EEPROM-ban. Az I/O opciók pl. a távkiolvasás vagy távvezérlés lehetőséget biztosítják. A kijelzőn – általában léptetési üzemmódban – lehetőség van valamennyi adat (feszültség, áram, teljesítmények – hatásos, meddő, látszólagos -, fogyasztás) megjelenítésére.

## 2. A mérés eszközei

SPD-V típusú háromfázisú, elektronikus elvű fogyasztásmérő

Ehtmm4 típ. háromfázisú, három mérőrendszerű, 2,0 oszt., kéttarifás, két maximum-mutatós fogyasztásmérő.

$U_n=3 \times 220/380$  V,  $I_n=5$  A.

Hnsath 4 típ. háromfázisú, három mérőrendszerű, 3,0 oszt., kéttarifás meddőfogyasztás-mérő.

$U_n=3 \times 220/380$  V,  $I_n=5$  A.

Vkpm 13. típusú Kapcsolóóra

3 db A-mérő, 3 db W-mérő, 2 db V-mérő, 1 db  $\cos\varphi$ -mérő.

Terhelés céljára:

1 db háromfázisú transzformátor:  $U_n=3 \times 380$  V; Y/Y kapcsolású,

3 db ohmos ellenállás:  $U_n=220$  V;  $P_n=500$  W

## 3. Mérési feladatok és a mérés menete

3.1. A rendelkezésre álló mérők és a kapcsolóóra megfelelnek az 1.2.7.pontban felsorolt B,C,E egységeknek. Megtervezendő a teljesítménydíjas mérő-összeállítás bekötése a következő feltételekkel:

- a hálózat háromfázisú négyvezetékes rendszerű. Névleges vonali feszültség 380 V.
- a fogyasztásmérők közvetlen csatlakozásúak /nem kell mérőváltó/
- A terhelés: Y-ba kapcsolt ellenállások.

3.2. A műszerek és a fogyasztók bekötése a kapcsolási terv alapján a kapcsolóóra működtető érintkezői kivezetéseinek ellenőrzése után.

3.3. A mérők és a kapcsolóóra funkcionális vizsgálata.

3.4. A fogyasztásmérők hitelesítése. Az összevetés alapjául a háromwattmérős módszerrel mért hatásos teljesítmény, a vonali áramok mérése, a számított meddőteljesítmény és a mérési idő szolgál.

3.5. Vizsgáljuk az egyes mérők működését akkor, ha egy, vagy több áramtekercs táplálása hibásan, fordítottn történik.

3.6. Elektronikus elvű fogyasztásmérő vizsgálata (8. ábra)

.Határozzuk meg fogyasztók (ohmos, illetve induktív jellegű) adott idő alatti fogyasztását indukciós, illetve elektronikus fogyasztásmérő segítségével. Hasonlítsuk össze a két műszer által mért értékeket! Vizsgáljuk meg, hogy az elektronikus mérő milyen jellemzők meghatározására alkalmas! Értékeljük a kapott eredményeket! Határozzuk meg a fogyasztók jellemzőit (teljesítmény, impedancia)!

#### 4. A jegyzőkönyv tartalma

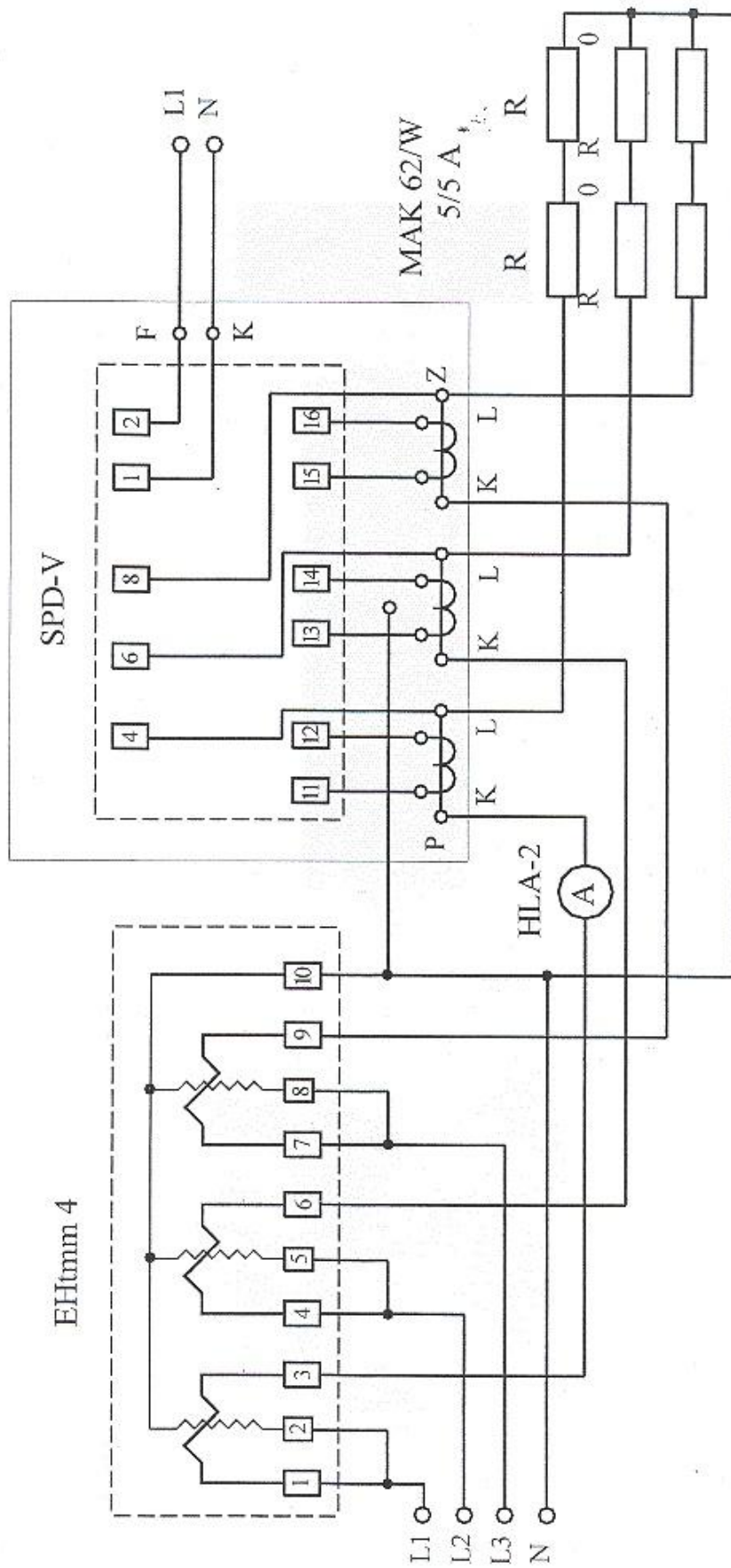
Kapcsolási rajz, mérési eredmények, a levont következtetések.

#### 5. Irodalom

1. Baumann szerk.: Villamos szerelőipari kézikönyv MK1983
2. Hámori A.: Villanszerelés MK 1979
3. Molnár 1. szerk.: Villamos művek üzemvitele, MK 1981
4. Villamos mérés technika, A KKVMF Jegyzete.

#### Ellenőrző kérdések:

1. Hogyan csoportosíthatók a fogyasztásmérők?
2. Mit értünk közvetlen és közvetett fogyasztásmérés alatt?
3. Hogyan működik az egyfázisú indukciós fogyasztásmérő?
4. Hogyan működik a kétfázisú indukciós fogyasztásmérő, és hogyan kell bekötni?
5. Hogyan mérhető a fogyasztás háromfázisú, háromvezetékes rendszerben?
6. Hogyan mérhető a fogyasztás háromfázisú, négyvezetékes rendszerben?
7. Mit értünk különleges fogyasztásmérők alatt?
8. Ismertesse a kétszámlálóműves, háromfázisú, háromvezetékes fogyasztásmérő bekötését!
9. Hogyan működnek a maximumjelzők, és hol van szerepük?
10. Hogyan mérhető a fogyasztásmérőkkel meddőfogyasztás?
11. Mi a kapcsolóórák szerepe, és hogyan működnek?
12. Milyen elemekből áll egy elszámoláshoz szükséges mérőösszeállítás?
13. Hogyan működnek az elektronikus elvű fogyasztásmérők?
14. Ismertesse az elektronikus elvű fogyasztásmérő vizsgálatára alkalmas mérőelrendezést!



8. ábra