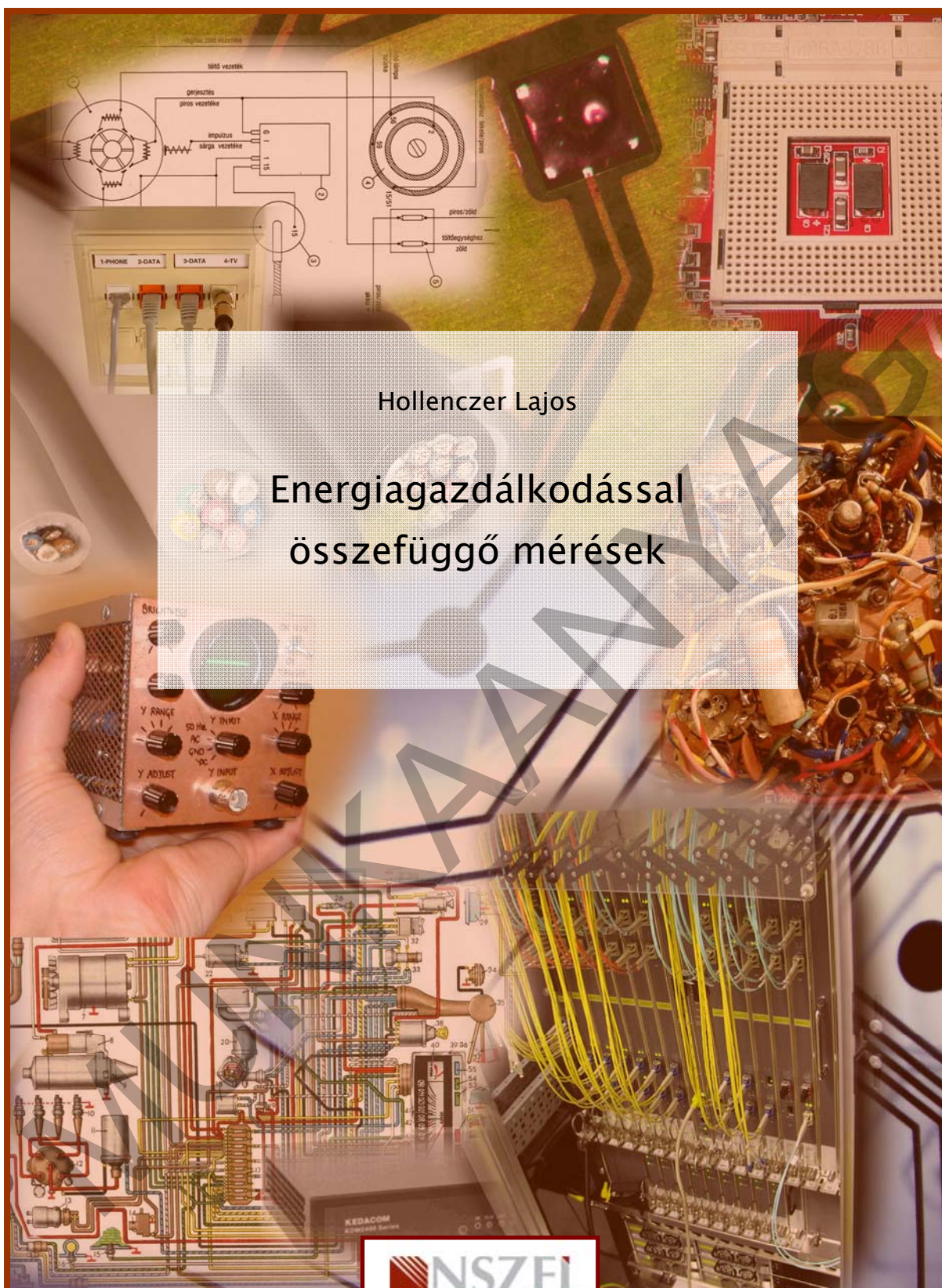




Hollenczer Lajos

Energiagazdálkodással összefüggő mérések

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:
Erősáramú mérések végzése

A követelménymodul száma: 0929-06 A tartalomazonosító száma és célcsoportja: SzT-008-50

ENERGIAGAZDÁLKODÁSSAL ÖSSZEFÜGGŐ MÉRÉSEK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy olyan cég munkatársa, ahol energetikai mérésekkel, tanácsadással és felülvizsgálatokkal is foglalkoznak. Munkahelyére villanyszerelői szakképesítéssel rendelkező munkatárs érkezett, akinek ilyen irányú gyakorlata nincs. Munkahelyi vezetője megbízta önt e munkatárs szakmai megsegítésével. Önnek az a feladata, hogy tájékoztassa kollégáját a mérési munkafolyamatokról, előírásokról, és a mérések végrehajtásának módjairól. Ismertetnie kell a direkt és indirekt mérési módszereket. Be kell mutatnia kollégájának a távmérések elvégzésének lehetőségeit. Ismertetnie kell a fogyasztásmérések megvalósítási lehetőségeit és gyakorlati alkalmazásának jellemzőit.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

1. A MÉRÉSHEZ FELHASZNÁLT MŰSZEREK LEGFONTOSABB JELLEMZŐI

A villamos hálózatok, épületek energetikai felmérése leggyakrabban mérések elvégzésével kezdődik. Az alkalmazható villamos mérőműszerek széles választékban kaphatóak a kereskedelemben, de az energetikai mérések tekintetében alapvetően két nagy csoportjuk különböztethető meg:

- elektromechanikus (analóg) műszerek
- elektronikus műszerek.

1.1 Elektromechanikus műszerek

Az elektromechanikus műszerek voltak az elsőként kifejlesztett mérőeszközök. Általánosságban elmondható, hogy viszonylag strapabíró, egyszerű felépítésű, de túlterhelésre kényes szerkezettel (mérőművel) rendelkeznek. Skálázásuk leggyakrabban bonyolult, automatikus méréshatár-váltás funkciójuk nincs. Leolvasásuk gyakorlatot igényel, és mérési pontosságuk változó.

A mutatós műszerek méréshatára (a mérési tartomány felső határa) a mérendő mennyiség azon értéke, amely a műszer mutatóját a skála utolsó osztásjeléig (végkitérésig) téríti ki. A műszerek több méréshatárra készülhetnek, egy skálával vagy méréshatáronként külön skálával. A skála nullpontja általában a skála egyik – többnyire bal oldali – végén van, de vannak olyan műszerek is, amelyeken a skálán kívülre kerül. Ezek a lenyomott nullapontú műszerek, nem jeleznek, amíg a mérendő mennyiség egy bizonyos érték alatt van. Használunk még ún. középállású műszereket, amelyek nullapontja a skála közepén van. A mérési eredmények rögzítésekor – különösen sorozatmérés esetén – ajánlatos azt az eljárást követni, hogy lejegyezzük a méréshatárt, a végkitéréshez tartozó számértéket (skálafokokban), az egyes mért eredményeknél a kitérést (skálafokokban). A mérési eredmények feldolgozása során először a műszerállandót határozzuk meg. A műszerállandó a mérendő mennyiségnek azon értéke, amelynek hatására a műszer mutatója egységnyi (egy skálafok nagyságú) kitérést végez. A műszerállandót (jelölése: C) a méréshatár és a végkitérés alapján lehet meghatározni:

$$C = \frac{\text{méréshatár}}{\text{skálaterjedelem}}$$

A műszerállandó méréshatáronként változó. A mért mennyiség számértékét (X_m) a műszerállandó (C) és a skálafokokban adott kitérés (α) szorzataként kapjuk:

$$X_m = \alpha \cdot C$$



1. ábra. Egy "klasszikus" elektromechanikus multiméter

A mérendő mennyiség valódi értéke ideális fogalom, tökéletes, hiba nélküli mérési módszerrel tudnánk meghatározni. A mennyiség helyes értéke a valódi értéket annyira megközelítő érték, hogy a kettő közötti különbséget figyelmen kívül lehet hagyni. A mérés abszolút hibája (H) a mért érték (X_m) és a helyes "pontos" érték (X_p) különbsége, a mérendő mennyiséggel egyező dimenziójú mennyiség. Az abszolút hiba előjeles mennyiség, az előjele negatív, ha a mért mennyiség kisebb, mint a pontos érték. (Ne tévesszük össze az "abszolút hiba" és a "hiba abszolút értéke" fogalmakat.)

$$H = X_m - X_p$$

A relatív hiba (h) az abszolút hiba (H) és a pontos érték hányadosa, többnyire %-ban adjuk meg a számértékét:

$$h = \frac{X_m - X_p}{X_p} \cdot 100$$

A legtöbb mutatós műszerek pontossági minősítésének, osztályozásának alapja a műszer végkitérésére vonatkoztatott relatív hiba. A műszer pontossági osztályának a jelét a skálalapon mindig feltüntetik. Ezen kívül a skálalap még sok, igen fontos információt hordoz:

- műszerrel mérhető mennyiség(ek);
- mérőrendszer típusának jelképe;
- áramnem;
- pontossági osztály jele;
- próbafeszültség jele;
- a vonatkozó szabvány száma;
- gyártómű, típusjel, gyártási szám;
- áramváltó, feszültségváltó áttétele, sönt vagy egyéb tartozékok jellemzői, ha a műszert ezzel együtt használják.
- Ezen felül további jellemzők is szerepelhetnek pl. belső ellenállás, önindukciós tényező, referencia- és használati tartomány.



2. ábra. Az elektromechanikus műszerek skálája

Az elektromechanikus műszerek legjellemzőbb hibái:

A mérés hibájáért először a mérőműszert szoktuk felelőssé tenni, pedig mint látni fogjuk a többi tényező által okozott hiba is nagy lehet. A jó műszer tehát szükséges, de nem elégséges feltétele a pontos mérésnek. A mérőműszer hibáját okozhatja az, hogy

- a skála osztásvonalai nem a megfelelő helyen vannak,
- az osztásvonalak és a mutató vastagsága vagy formája nem megfelelő,

- a továbbító, átalakító és kijelző szerv alkatrészei billegnek vagy holtjátékkal rendelkeznek,
- mérés előtt a műszert nem nulláztuk ki, vagy
- nem megfelelő helyzetben használjuk, ill.
- működését külső elektromos, vagy mágneses terek zavarják.

A hiba nagymértékben függ a szerkezeti elemek minőségétől. A pontosabb műszer precízebb felépítést követel, ezért drágább is. A pontosságot a skálalapon feltüntetett osztályjel fejezi ki. Legjellemzőbb hibafajták:

- **Skálahiba**, melynek oka a skálaosztás pontatlansága, a skálajelek vastagsága.
- **Leolvasási hiba**. Ez egyrészt abból adódik, hogy a mutató kismértékben billeghet, a leolvasás így bizonytalanná válhat. Másrészt, ha a mutatót nem pontosan merőlegesen nézzük, akkor újabb hiba, az ún. parallaxis hiba problémájába ütközünk. A mutató a skála fölött bizonyos távolságban mozog, a leolvasás csak akkor lehet helyes, ha a megfigyelési pont és a mutató által kifeszített sík a skálalapra merőleges. Ha "ferdén" szemléljük a műszert, parallaxis hiba jön létre. Ennek elkerülését segíti a tüköralátétes skála: a skála osztásvonalai alatt a skálalapon rést vágnak ki, a skálalap alá tükröt helyeznek, és néha a mutató végét késszerűre képezik ki. Merőleges a szemlélni irány, ha a mutató és tükörképe pontosan fedi egymást. Az észlelési hiba függ még az egyén látásától és attól, hogy mennyire képes két osztásvonal között a tört értéket megbecsülni. Nagy mérési hibát okozhat a mérési módszer helytelen megválasztása. Előfordulhat, hogy nem is azt mérjük, amit szeretnénk.

A felsoroltakon kívül lehet még frekvenciahiba, hőmérséklethiba, stb.

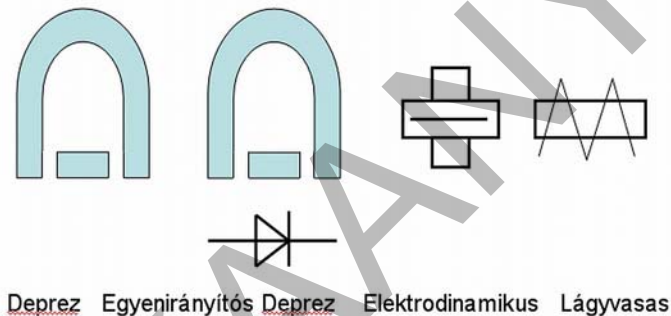
Csoportosítás a hibák jellege szerint

A mérés közben elkövetett hiba lehet rendszeres és véletlen. Rendszeresnek nevezzük a hibát, ha nagysága és előjele a megismételt mérésekben állandó és meghatározható. Rendszeres hiba keletkezik, ha egy tárgy hosszúságát nem az előírt hőmérsékleten mérjük, vagy a feszültségmérő előtét ellenállása a szükségesnél kisebb, ill. nagyobb stb. A rendszeres hibát tehát a tartósan és azonos mértékben ható zavarok okozzák. Ha a hibát okozó tényezők mértéke nem állandó, véletlen hiba keletkezik, amelynek nagysága és előjele is változó. Az ilyen eltérést bizonytalannak nevezzük. A pozitív és negatív irányú eltérések sok esetben azonos nagyságúak. Ilyen hibát okoz a mutató tengelyének billegése a csapágiban és a különböző alkatelemek holtjátéka. A véletlen hiba nagysága pontosan nem határozható meg, csak az, hogy milyen korlátok közé esik. Például: $\pm 1 \text{ V}$ stb.

A tapasztalat szerint az abszolút hiba a skála minden részén, a mutató kitérésétől függetlenül állandó, ezért kis kitérésnél a relatív hiba nagyobb. Célszerű mindig abban a méréshatárban mérni, amelynél a mutató a végkitérés közelében tartózkodik. Ez a körülmény arra készíti a gyárat, hogy olyan mérőműszereket készítsenek, amelyeknek több, egymáshoz közeli méréshatáruk van. Leggyakrabban az 1, 3, 10, 30, 100 stb. méréshatárokat alkalmazzák, így a relatív hiba legfeljebb az osztályérték kb. 3-szorosa. Sohasem szabad tehát kis kitéréssel mérni, ha érzékenyebb méréshatár is van.

A leggyakrabban használt elektromechanikus műszerek:

- Deprez (állandó mágneses) műszer
- Egyenirányítós Deprez műszer
- Lágyvasas műszer
- Elektrodinamikus műszer



3. ábra. Az elektromechanikus műszerek rajzjelei

Ezen kívül léteznek kevésbé elterjedt, ritkán használt műszerek. A műszerek felépítésével, működésével a "Villamos műszerek" c. tananyag foglalkozik. Az alábbi összefoglalóban a műszerek javasolt felhasználási területe és a mért érték jellemzője látható.

Deprez voltmérő, ampermérő

Sima és hullámos egyenfeszültségen egyaránt a jel egyszerű (elektrolitikus) középértékét méri (U_k , I_k). Csak egyenfeszültségen célszerű használni, váltakozófeszültségen 0-át mutat (mivel ennek középértéke 0), viszont a műszer melege a váltakozófeszültség effektív értéke négyzetével arányos.



4. ábra. Deprez műszer

Egyenirányítós Deprez voltmérő, ampermérő

Kizárólag szinuszos váltakozófeszültségen használjuk (bár egyenfeszültségen is működhet, de téves információt ad). A műszer kitérése az egyenirányított jel abszolút középvértékével arányos (U_{ak} , I_{ak}). Nem szinuszos jel effektív értékét nem tudjuk mérni ezzel a műszerrel, de a mért értékből ebben az esetben is számítható a jel abszolút középvértéke:

$$U_{ak} = \frac{U_{mért}}{1,11}$$

$$I_{ak} = \frac{I_{mért}}{1,11}$$

Ilyen lesz az 1. ábrán látható univerzális műszer az alsó "~" jelű kapcsoló benyomásakor.

Lágyvasas voltmérő, ampermérő

Egyenfeszültségen és váltakozófeszültségen egyaránt mérhetünk vele, a hullámformától függetlenül mindig a jel effektív értékét méri (U_{eff} , I_{eff}).



5. ábra. Régebbi lágyvasas táblaműszerek

1.2. Digitális műszerek

A digitális multiméterek – az analóg multiméterekhez hasonlóan – egyen- és váltakozó feszültség, egyen- és váltakozó áram, valamint ohmos-ellenállás mérésére alkalmasak. Szolgáltatásuk azonban – a digitális jelfeldolgozás révén – nagyobb az analóg műszerekénél. A digitális multiméterek előnye az analóg műszerekkel szemben:

- nagyobb pontosság,
- nagyobb érzékenység,
- nagyobb mérési sebesség,
- egyértelmű leolvashatóság,
- nagyobb bemeneti impedancia,
- nagyobb frekvencia tartomány.
- a mért érték tárolható,
- a műszer működtetése automatizálható,



6. ábra. Egy "átlagos" digitális multiméter

A digitális műszerek által mért és mutatott érték

A váltakozó feszültséget is mérő digitális voltmérők, digitális multiméterek a jel abszolút középértékét mérik. Kijelzőjük azonban az elektromechanikus műszerek hagyományait követve effektív értéket mutatnak (RMS).

A korrekciók, szinuszos jelet feltételezve:

csúcsstényező:
$$k_{cs} = \frac{U_{csúcs}}{U_{eff}} = \sqrt{2}$$

forma tényező :
$$k_f = \frac{U_{eff}}{U_{ak}} = 1,11$$

A műszer által használt korrekciós tényező csak szinuszos jelek mérése esetén ad helyes eredményt. Ettől eltérő alakú jelek esetén a műszer hamis értéket mutat.

Valós effektív értéket mérő digitális voltmérők (TRMS):

A korszerű, mikroprocesszoros DMM (Digitális MultiMéter) már bármilyen bementi jel esetén folyamatosan el tudja végezni az igazi effektív érték számítását (négyzetre emelést, integrálást és gyökvonást), így nincs szükség az 1,11-es szorzóra. Az ilyen műszerek neve: True Root Mean Square DMM (TRMS-DMM).

A digitális műszerek hibái:

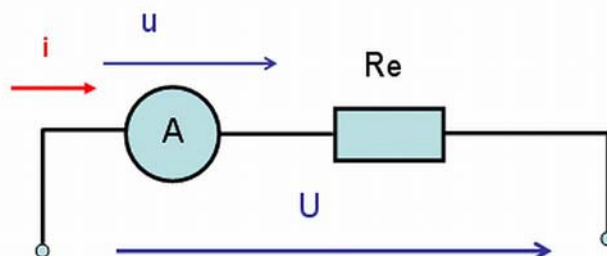
Digitális mérőműszereknél a hibát kétféle módon adják meg. Az osztályjel szerint %-ban és digitben. Mindig azt kell figyelembe venni, amelyik a nagyobb hibát adja. Jellemző a ± 1 digit érték, amely azt jelenti, hogy az utolsó számjegynél 1-el nagyobb és kisebb is lehet a mutatott érték a valódinál. Legyen a mutatott érték 0,05 és a műszerre jellemző hiba $\pm 1\%$, ill. ± 1 digit. Az abszolút hiba $\pm 1\%$ - al $\pm 0,0005$, ± 1 digittel $\pm 0,01$. Az utóbbi a nagyobb /20%/, ezért ezt kell figyelembe venni. Ha azonban a mutatott érték 5,00, akkor a $\pm 1\%$ miatt $\pm 0,05$, míg a ± 1 digit miatt $\pm 0,01$ /0,2%/ hiba keletkezik, ezért a %-al megadott értéket kell figyelembe venni.

2. AZ ALAPJELLEMZŐK MÉRÉSI MÓDJAI

2.1 Feszültség mérése

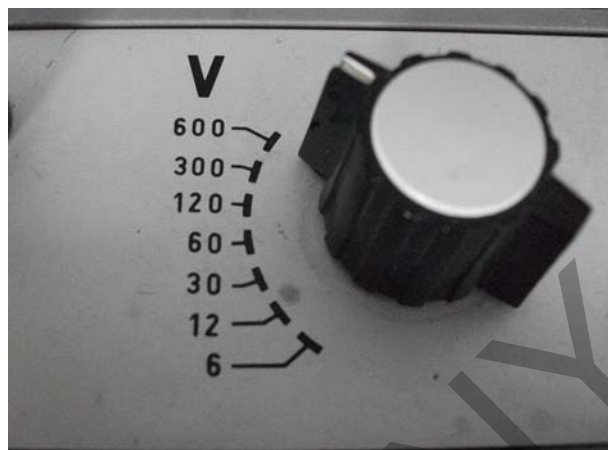
Mint ismeretes, az elektromechanikus alaplátványok rendkívül érzékenyek, kis áram hatására nagy kitérést produkálnak. Ezért, ha egy alaplátványval nagyobb feszültséget kívánunk megmérni, akkor ún. előtét-ellenállást, vagy több méréshatár esetén ellenállásokat kell az alaplátványval sorba kötni. Az előtét-ellenállás méretezési képlete:

$$R_e = R_b \cdot (n - 1), \text{ ahol } n = \frac{U}{u}.$$



7. ábra. Előtét ellenállásos méréshatár-bővítés

(U az a feszültség, amire az "u" méréshatárú műszert bővíteni szeretnénk. R_b az alaplámpa belső ellenállása.) A gyártók igyekeznek olyan méréshatárokat (és hozzá tartozó skálákat) kialakítani, melyek könnyen kezelhetőek, pl. 6 V, 60V, 600 V. (skála pl. 60°.) Tehát a feszültségmérőknek általában több méréshatára van, az előtét-ellenállások közötti átkapcsolást a méréshatár-váltó kapcsolóval végezhetjük. Előtét ellenállásokkal maximum 1000 V-ig lehet a méréshatárt bővíteni egyen, illetve váltakozófeszültségen.



8. ábra. Deprez műszer méréshatár-váltó kapcsolója

Létezik gyári előtét-ellenállás is, melyet az adott műszerhez méreteztek.



9. ábra. Gyári előtét-ellenállás a HEWa-2 W-mérő feszültség-tekercséhez

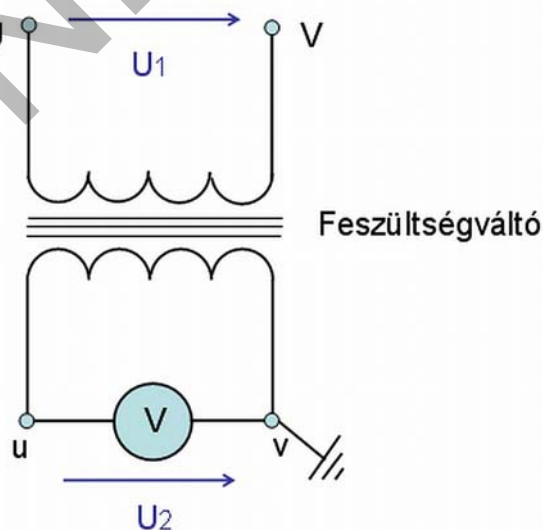
Az erősáramú gyakorlatban sok esetben előfordul, hogy 10 kV, 20 kV, vagy akár 400 kV feszültség mérése is szükséges lehet egy-egy alállomási transzformátornál. Ilyen esetekben a feszültségváltón keresztül történő mérés az egyedüli megoldás. **A feszültségváltó olyan transzformátor, melynek primer oldala a mérendő hálózatra van kötve, szekunder oldalára pedig egy "szimpla" feszültségmérőt kapcsolunk.** A szekunder oldal feszültsége 100, vagy 110 V-os. A rákapcsolt műszert célszerű a mérendő feszültségnek megfelelően skálázni, (pl. 220 kV esetén 250 kV a végkitérés). Megjegyezzük, hogy a feszültségváltó egy gyakorlatilag üresen járó transzformátor, melynek nagyon pontos az áttétele. Ez a következő képlettel számolható:

$a = \frac{U_1}{U_2}$. Így a mérendő U_1 feszültség értéke a mért U_2 feszültség és az áttétel segítségével: $U_1 = a \cdot U_2$. Sajnos, ha több feszültségtekercset kötünk ugyanarra a feszültségváltóra (V-mérő, W-mérő feszültségtekercs), akkor változik a szekunder oldali feszültség értéke, tehát a feszültségváltók áttétele soha nem pontos, így beszélhetünk a műszerekhez hasonlóan a mérés relatív hibájáról:

$$h = \frac{a \cdot U_2 - U_1}{U_1} \cdot 100.$$

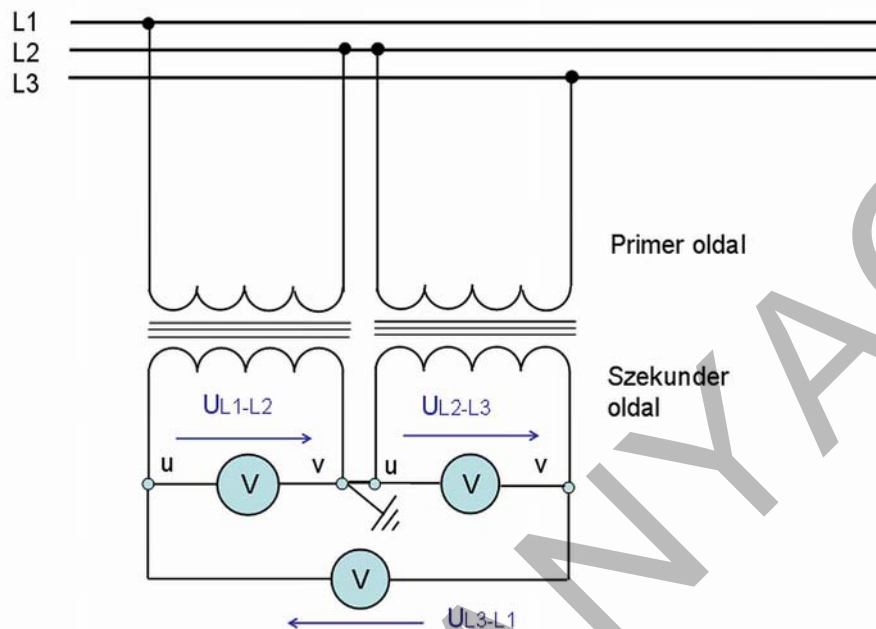
A feszültségváltók névleges terhelését a látszólagos teljesítményükkel adják meg:

$S_n = U_{2n}^2 \cdot Y_n$, ahol Y_n a terhelő admittancia névleges értéke. A túlterhelt feszültségváltó hibái a névlegesnél nagyobbak. Amennyiben a primer és szekunder oldali feszültségek között szögeltérés van, akkor beszélünk a feszültségváltó szöghibájáról. A feszültségváltókat a műszerekhez hasonlóan pontossági osztályokba sorolják, így 0,1; 0,2; 0,5; 1 és 3%



10. ábra. A feszültségváltó bekötése

Három fázis esetén alkalmazhatunk háromfázisú feszültségváltót Yyo kapcsolásban, vagy 3 db egyfázisú feszültségváltót (mindegyik fázisba kötve). Ha a fázisfeszültség mérésére nincs szükség, akkor 2 db egyfázisú feszültségváltót használhatunk az ún, "V" kapcsolásban.



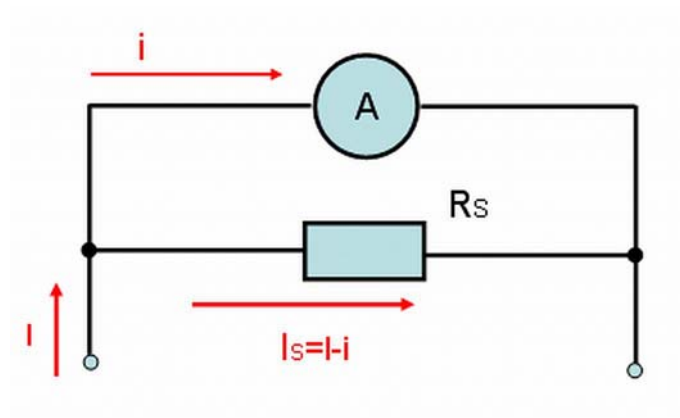
11. ábra. Feszültségváltók "V" kapcsolásban

Ez tulajdonképpen olyan háromszög kapcsolás, melynek egyik ága hiányzik. Az egyik feszültségváltót L1–L2, a másik feszültségváltót L2–L3 fázis közé kapcsoljuk. Hiányzik az L1–L3 fázisokra kapcsolt feszültségváltó, de a szekunder tekercsek két végpontja között mérhető lesz az ezzel (áttétellel) arányos feszültség.

2.2. Az áramerősség mérése

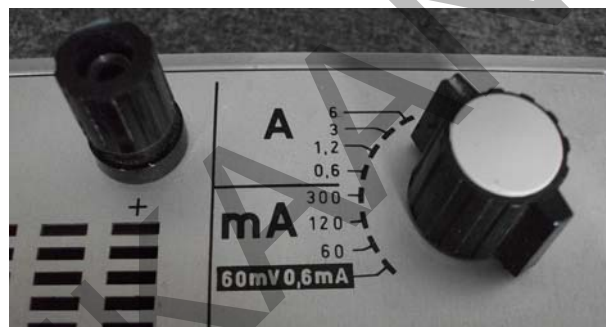
Amennyiben egy alaplámpával nagyobb áramot akarunk mérni, mint a méréshatára, úgy ezt az alaplámpával párhuzamosan kapcsolt sönt-ellenállással tehetjük meg. Ebben az esetben az áram egy része a sönt-ellenálláson, másik része az alaplámpán folyik. (Az ellenállásokon folyó áramok fordítottan arányosak az ellenállások értékeivel!) Így egy olyan műszerhez jutunk, mellyel megfelelő skálázás esetén a nagyobb áramok is megmérhetők. A sönt-ellenállás méretezési képlete:

$$R_s = \frac{R_b}{n-1}, \text{ ahol } n = \frac{I}{i}. (I \text{ az az áramerősség, amire az "i" méréshatárú műszert bővíteni szeretnénk. } R_b \text{ az alaplámpa belső ellenállása.)}$$



12. ábra. Ampermérő méréshatárának bővítése söntellenállással

A gyártók igyekeznek olyan méréshatárokat (és hozzá tartozó skálákat) kialakítani, melyek könnyen kezelhetőek, pl. 60 mA, 0,6 A, 6 A (skála pl. 60°.) Tehát az ampermérőknek általában több méréshatára van, a sönt-ellenállások közötti átkapcsolást a méréshatár-váltó kapcsolóval végezhetjük.



13. ábra. Ampermérő méréshatárának átkapcsolása

Létezik gyári sönt-ellenállás is, melyet az adott műszerhez méreteztek.



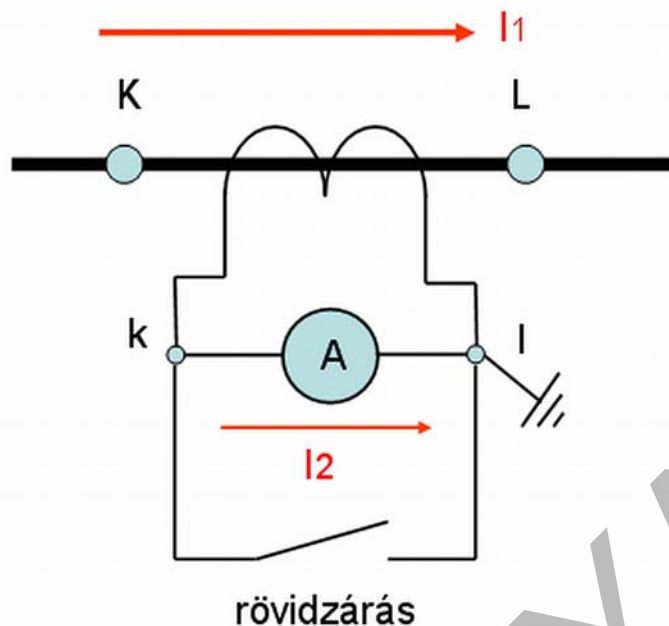
14. ábra. Gyári sönt-ellenállás a HDA-2 ampermérőhöz

Sönt-ellenállásokkal kibővített méréshatárú műszerrel a leggyakrabban 10–20 A áramerősségig mérhetünk. (Létezik 30 A-es is, de ez ritka). A nagyobb áramerősségek mérésére váltakozó áramon az ún. áramváltó használható. Ez a készülék egy speciális transzformátor, melynek primer tekercselése kis menetszámú, nagy áramú. Szekunder tekercselésének névleges árama általában 5 A. Az áramváltó áttétele:

$a = \frac{I_1}{I_2}$, ahol I_1 a primer, I_2 a szekunder oldalon folyó áram. Az áramváltó egy

transzformátor, azzal a különbséggel, hogy primer áramát nem a szekunder tekercsre kapcsolt terhelés határozza meg, hanem a mérendő (a primer tekercsre sorba kapcsolt) fogyasztó áram. Mint ismeretes, egy transzformátorban a gerjesztések egyensúlyban vannak, azaz a primer gerjesztéssel egyensúlyt tart a szekunder oldali gerjesztés. (Az üresjárási gerjesztést most hanyagoljuk el.) Egy áramváltónál nyitott szekunder kör esetében óriási probléma lép fel: Van primer gerjesztése, azt a fogyasztó árama határozza meg, de nem folyik szekunder áram, így a szekunder gerjesztés is nulla lesz. Mivel a primer gerjesztés a hálózati áram által adott, a szekunder gerjesztés pedig nulla, nincs egyensúly. A primer gerjesztés így igen nagy fluxust létesít, mely egyrészt a szekunder tekercsekben életveszélyes nagyságú feszültséget hozhat létre. Másrészt a vasmag, illetve a környezetben lévő vastárgyak jelentős mértékben felmelegedhetnek.

Alapszabály, hogy áramváltót nyitott szekunder kapcsokkal üzemeltetni tilos, a szekunder körben biztosítót, kapcsolót alkalmazni nem szabad! Ha nem kötünk az áramváltóra műszert, akkor szekunder kapcsait rövidre kell zárni! Az áramváltók szekunder oldalát földelni kell!



15. ábra. Az áramváltó bekötése

Ha több áramtekercset kötünk ugyanarra az áramváltóra (V-mérő, W-mérő áramtekercs), akkor az áramváltót túlterhelhetjük. Az áramváltó relatív hibája:

$$h = \frac{a \cdot I_2 - I_1}{I_1} \cdot 100.$$

Az áramváltók névleges terhelését a látszólagos teljesítményükkel adják meg:

$S_n = I_2^2 \cdot Z_n$, ahol Z_n a terhelő impedancia névleges értéke. A túlterhelt áramváltó hibái a névlegesnél nagyobbak. Amennyiben a primer és szekunder oldali áramok között szögeltérés van, akkor beszélünk az áramváltó szöghibájáról. Az áramváltókat a műszerekhez hasonlóan pontossági osztályokba sorolják, így 0,1; 0,2; 0,5; 1, 3, és 5%.

Megjegyezzük, hogy az áramváltókat és a feszültségváltókat nem csak mérési, hanem védelmi célokra (relék táplálására) is használják.

Az áramváltók primer "tekercselése" sokszor az a síndarab, amivel bekötjük őket.



16. ábra. Egy "klasszikus" áramváltó

Lehet olyan kivitelű áramváltó is, melyet egyszerűen ráhúznak a mérendő vezetékre.



17. ábra. A vezeték (kábel) az áramváltó gyűrűjén át halad

3. TELJESÍTMÉNYMÉRÉS MEGVALÓSÍTÁSI MÓDJAI

3.1. A teljesítménymérő műszer

Elektromechanikus kivitel esetén a műszernek egy áramtekercse és egy feszültségtekercse van, és elektrodinamikus kivitelűek. Ha a műszert úgy kötjük be, hogy egyik tekercsén a terhelésen átfolyó árammal arányos áram, a másik tekercsén pedig a terhelés feszültségével arányos áram folyjon, akkor a műszerről a hatásos teljesítményt lehet leolvasni. (Emlékeztetőül a hatásos teljesítmény képlete: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$.) A műszer kialakítása általában olyan, hogy több áram-, illetve feszültség-méréshatára is van. A műszeren "*" jelzéssel látják el az áramtekercs és a feszültségtekercs kezdetét. Olyan műszer is van, melyen polaritás-váltó kapcsoló is található, így alkalmas motoros-generátoros üzemi mérésére is.



18. ábra. Az elektromechanikus W-mérő

A W-mérő műszerállandója:

$$c_w = \frac{U \cdot I}{\text{skálaterjedelem}} \quad (\text{ahol } U, I \text{ a W-mérő feszültség- illetve áramtekercseinek aktuális}$$

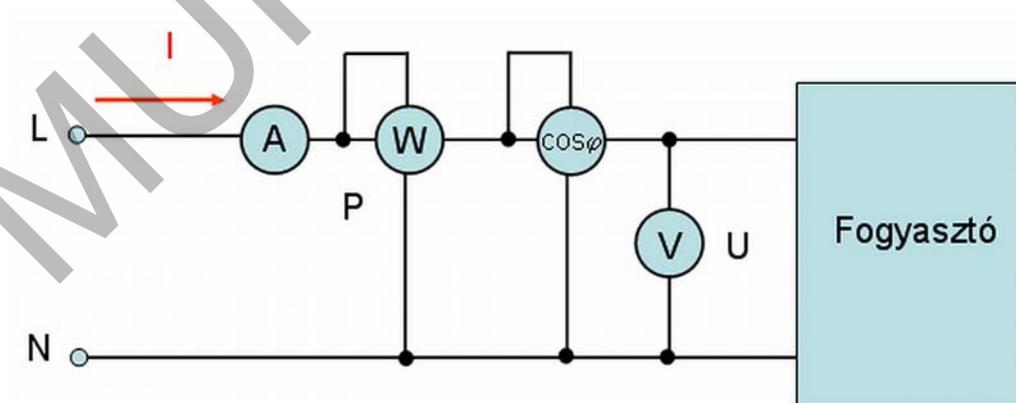
méréshatárai). A W-mérő mellett gyakran alkalmazunk $\cos \varphi$ mérő műszert is.



19. ábra. A $\cos \varphi$ mérő műszer

3.2. Egyfázisú teljesítmény mérése direkt (közvetlen) módon

A váltakozóáramú teljesítménymérés kapcsolási rajzát az alábbi ábrán láthatjuk.

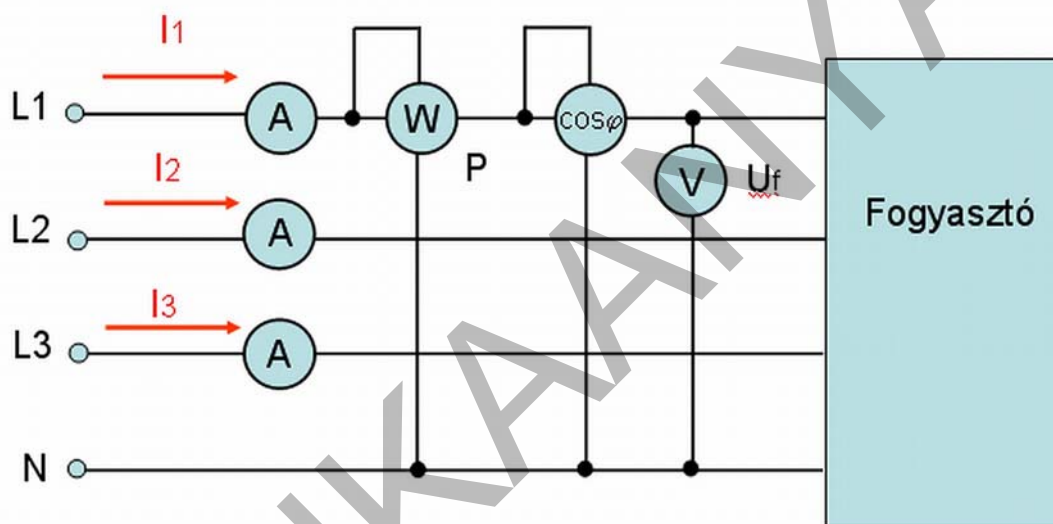


20. ábra. Egyfázisú teljesítmény mérése

A kapcsolatban a feszültség-és áramerősség mérő funkciója kettős. Egyrészt az általuk mutatott értékek alapján határozhatók meg a W-mérő tekercseinek méréshatárai, másrészt segítségével megállapítható az ún. látszólagos teljesítmény. ($S = U \cdot I$). A kapcsolatba berajzolt $\cos\varphi$ -mérő műszer a teljesítménytényező mérésére, ellenőrzésre, illetve a 3.1 részben közölt képlet alapján a W-mérő hitelesítésére is szolgálhat. Bekötése általában hasonló a W-mérő bekötéséhez. (Kivéve, ha előtét ellenállásokat kell használni hozzá). A W-mérő alapján a váltakozóáramú teljesítmény meghatározása:

$$P = \alpha \cdot c_w \cdot$$

3.3. Háromfázisú teljesítmény mérése direkt módon, egy W-mérővel, szimmetrikus hálózaton

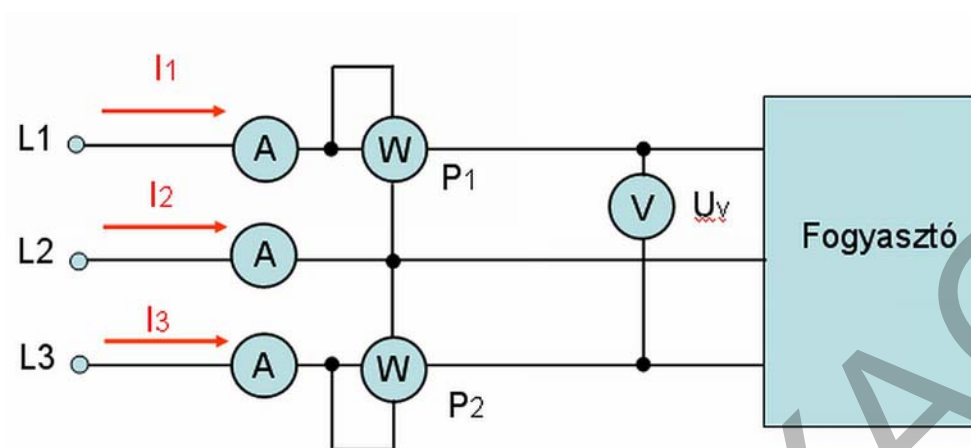


21. ábra. Háromfázisú teljesítmény mérése szimmetrikus hálózaton, egy W-mérővel

Amennyiben biztosak vagyunk abban, hogy a háromfázisú rendszer teljesen szimmetrikus terhelésű, úgy a háromfázisú teljesítményt megmérhetjük egyetlen W-mérővel:

$P_{3f} = 3 \cdot P$. Megjegyezzük, hogy a mérés háromvezetős hálózaton is végrehajtható, de ebben az esetben műcsillagpontot kell kialakítani 3 db ellenállás csillagba kapcsolásával, illetve a fázisvezetőkre való rákötéssel.

3.4. Háromfázisú teljesítmény mérése direkt módon, két W-mérővel (Áron-kapcsolás).



22. ábra. Az Áron-kapcsolás

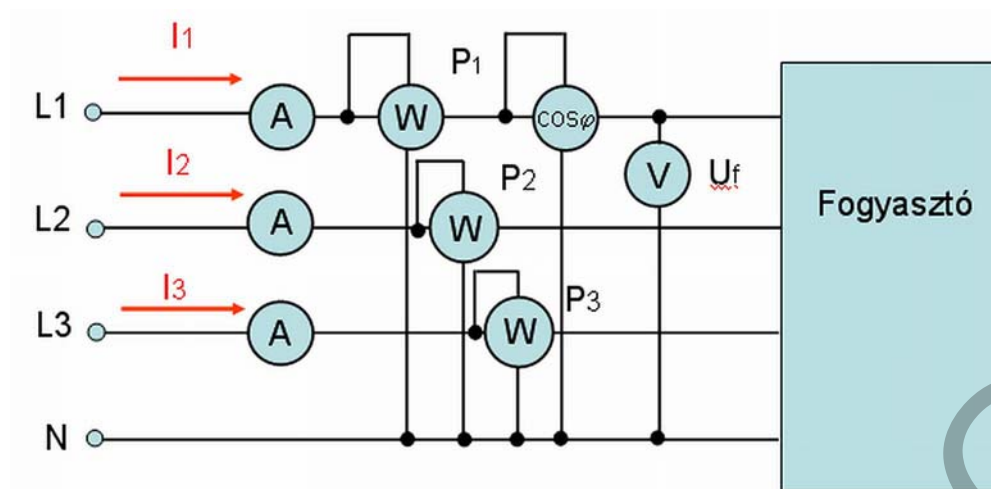
Háromvezetős, háromfázisú hálózaton a hatásos teljesítmény két W-mérő felhasználásával is megmérhető, ha a három vonali áram összege minden pillanatban nulla. A V-mérő és az A-mérő itt is a túlterhelés elkerülése érdekében került a kapcsolásba. Figyelni kell arra, hogy a W-mérők áramtekercsein egy-egy fázis áramát vezetjük át, de a feszültségtekercsüket ún. idegen (tehát nem oda, ahová az áramtekercs csatlakozik) vonali feszültségre kapcsoljuk. A háromfázisú teljesítmény:

$$P_{3f} = P_I \pm P_{II}$$

ahol P_I a nagyobb, P_{II} a kisebb teljesítmény. A "+" előjel akkor érvényes, ha a $\cos\varphi > 0,5$. Ha $\cos\varphi < 0,5$, akkor a nagyobb értéket mutató W-mérő teljesítményéből le kell vonni a kisebb értéket mutató W-mérő teljesítményét. A $\cos\varphi$ értékét gyakran műszer bekötésével ellenőrizzük, illetve pl. tiszta hatásos teljesítmény esetén ez biztosan "1" körüli érték, tehát nincs szükség ellenőrzésre a feszültségtekercs áthelyezésével.

3.5 Teljesítménymérés háromfázisú, négyvezetős hálózaton, három W-mérővel, direkt módon.

Amennyiben a fogyasztói áramok aszimmetrikusak, áram folyik a nullavezetőn. A fogyasztói háromfázisú wattos (hatásos) teljesítmény: $P_{3f} = P_1 + P_2 + P_3$. A W-mérők által mutatott értékeket a 3.2. pontban leírtak alapján kell meghatározni.

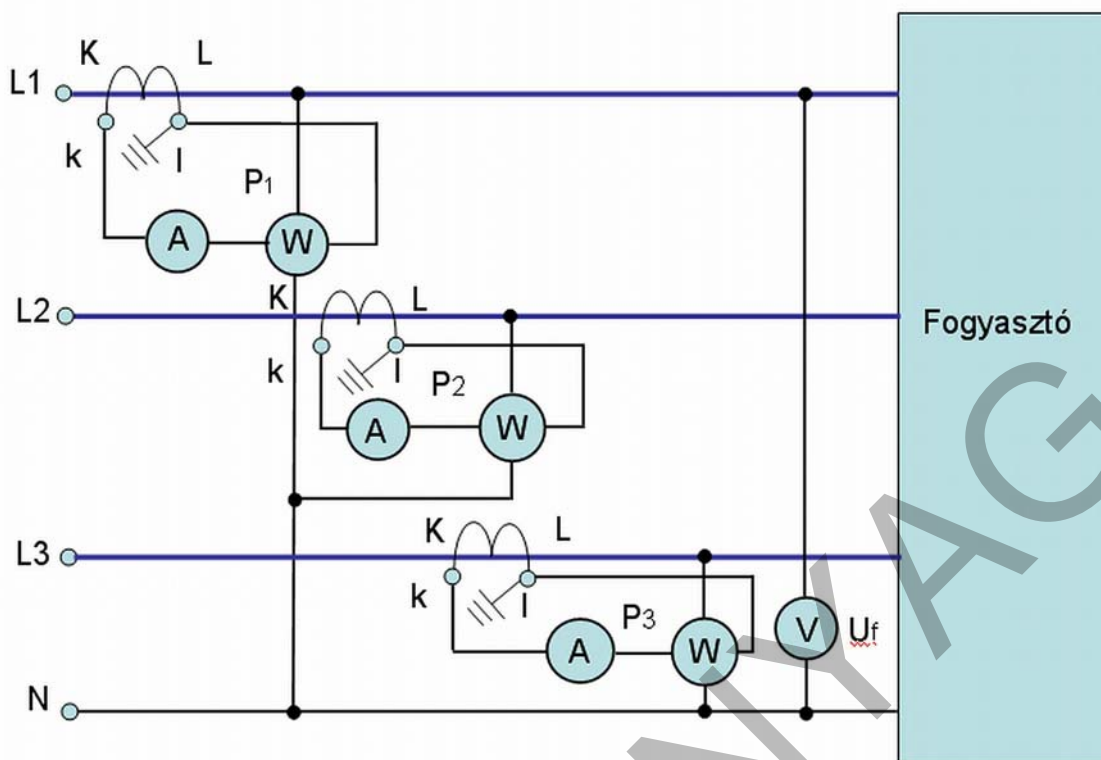


23. ábra. Háromfázisú teljesítmény mérése aszimmetrikus terhelésű, négyvezetékes hálózaton

Megjegyezzük, hogy a mérés háromvezetős hálózaton is végrehajtható, de ebben az esetben műcsillagpontot kell kialakítani (a 3.3 pontban leírt módon, vagy a feszültségtekercsek csillagba kapcsolásával)

3.6. Háromfázisú teljesítmény mérése indirekt (közvetett) módon

Erőssáramú gyakorlatban gyakori az a probléma, hogy a fogyasztó, vagy a mérendő hálózat árama ill. feszültsége meghaladja azt az értéket, amit a műszerek még biztonsággal elviselnek, illetve mérni tudnak. Ilyen esetekben áramváltó ill. feszültségváltó közbeiktatásával történik a teljesítmény mérése. Ritkán, de az is előfordul, hogy túl kicsi a mérendő áram, ezért az áramváltóval nem csökkentjük, hanem növeljük a műszeren átfolyó áramot. Feszültségváltót általában középfeszültségen alkalmazunk. Itt most a félig-közvetett mérést elemezzük, amikor a műszerek áramtekercsét áramváltón keresztül, feszültségtekercsét direkt kötjük az áramkörbe.

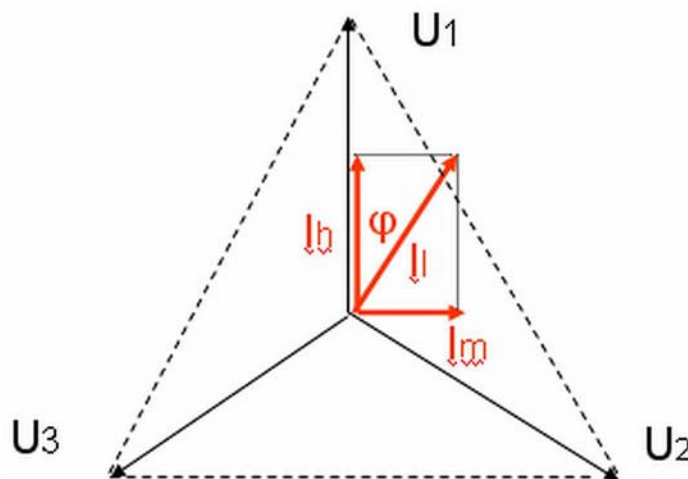


24. ábra. Háromfázisú teljesítmény mérése indirekt módon

Ebben az esetben–az áramváltók azonos áttétele estén– a háromfázisú teljesítmény: $P_{3f} = a_a \cdot (P_1 + P_2 + P_3)$, ahol a_a az áramváltó névleges áttétele, P_1 , P_2 , P_3 pedig a műszerek által mutatott érték.

3.7. Meddőteljesítmény mérése közvetlen (direkt) módon

A hatásos teljesítmény mérésénél felrajzolt vektorábrából látható, hogy a fogyasztó által felvett meddő áram a fázisfeszültséghez képest 90° -al késik. Ebből kiindulva mutatható be, hogy egy háromfázisú hálózaton hogyan kell bekötni a teljesítménymérő műszert, hogy az valóban a fogyasztó meddő teljesítményét mérje. A megoldást a következő ábrán megrajzolt vektorábra mutatja meg, ahol a háromfázisú feszültségrendszer, és egy fázis terhelő árama látható. A már ismert módon ez felbontható hatásos és meddő összetevőire. A fázisáram meddő része merőleges a fázisfeszültségre.

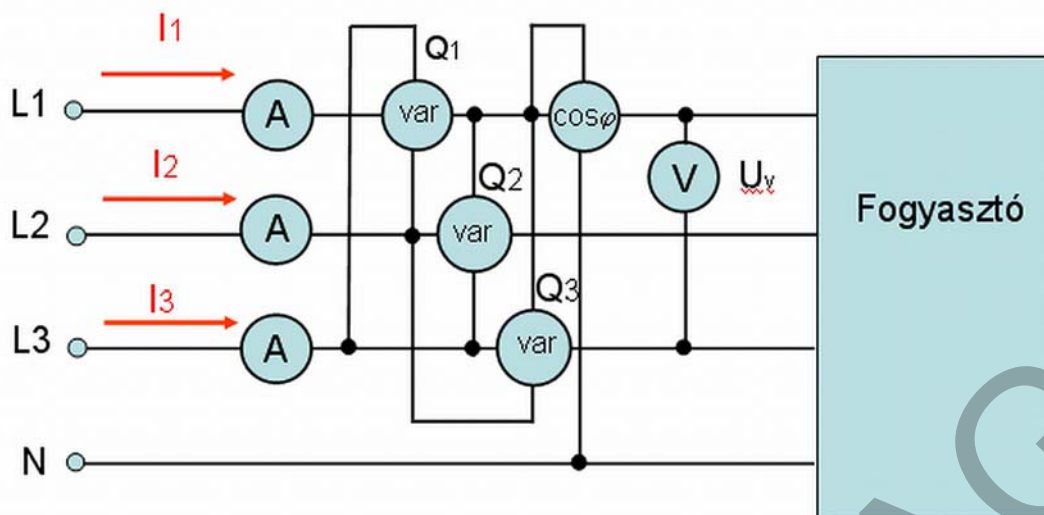


25. ábra. A meddőteljesítmény mérésének elve

A wattmérő csak fázisban lévő áramot és feszültséget tud "összeszorozni", tehát egy, a meddő áram irányába mutató feszültség szükséges a méréshez. A vektorábrában a vonali feszültségek berajzolásával, látható, hogy I_m árammal az U_{23} vonali feszültség párhuzamos, tehát azonos irányú. Ha tehát a mérőműszer áramtekercsét az L1 fázisba kötjük, és feszültségtekercsét az L2 és L3 fázisok közé, akkor a mérőműszerünk meddő teljesítményt mér. De nem az L1 fázis meddőteljesítményét! Ennek oka az, hogy a feszültségtekercsére a fázisfeszültség helyett az attól $\sqrt{3}$ -szor nagyobb értékű vonali feszültség került. Az L1 fázis meddőteljesítményét akkor kapjuk, ha a mért értéket elosztjuk $\sqrt{3}$ -al:

$$Q_1 = \frac{Q_{1\text{mért}}}{\sqrt{3}}$$

Négyvezetékes hálózaton, szimmetrikus feszültség és aszimmetrikus terhelés esetén három wattmérővel mérjük a meddő teljesítményt. Mindhárom fázisban a fogyasztóval sorba kötjük az áramtekercseket. Az egyes teljesítménymérő műszerek feszültségtekercsét azokba a fázisokba kötjük be, amelyekben nem szerepel az áramtekercsük. A műszer bekötése annyiban más a hatásos teljesítmény méréséhez képest, hogy a feszültségtekercset a saját *fázisfeszültség* helyett az ún. idegen fázisok közötti, *vonali feszültségre* kell kötni. A mérés elve az, hogy az áramokhoz képest a vonali feszültségek 90° -al eltolt helyzetben vannak, így a műszer éppen a meddő teljesítményt méri. Példaképpen a háromfázisú, aszimmetrikusan terhelt hálózaton történő mérést mutatjuk be.

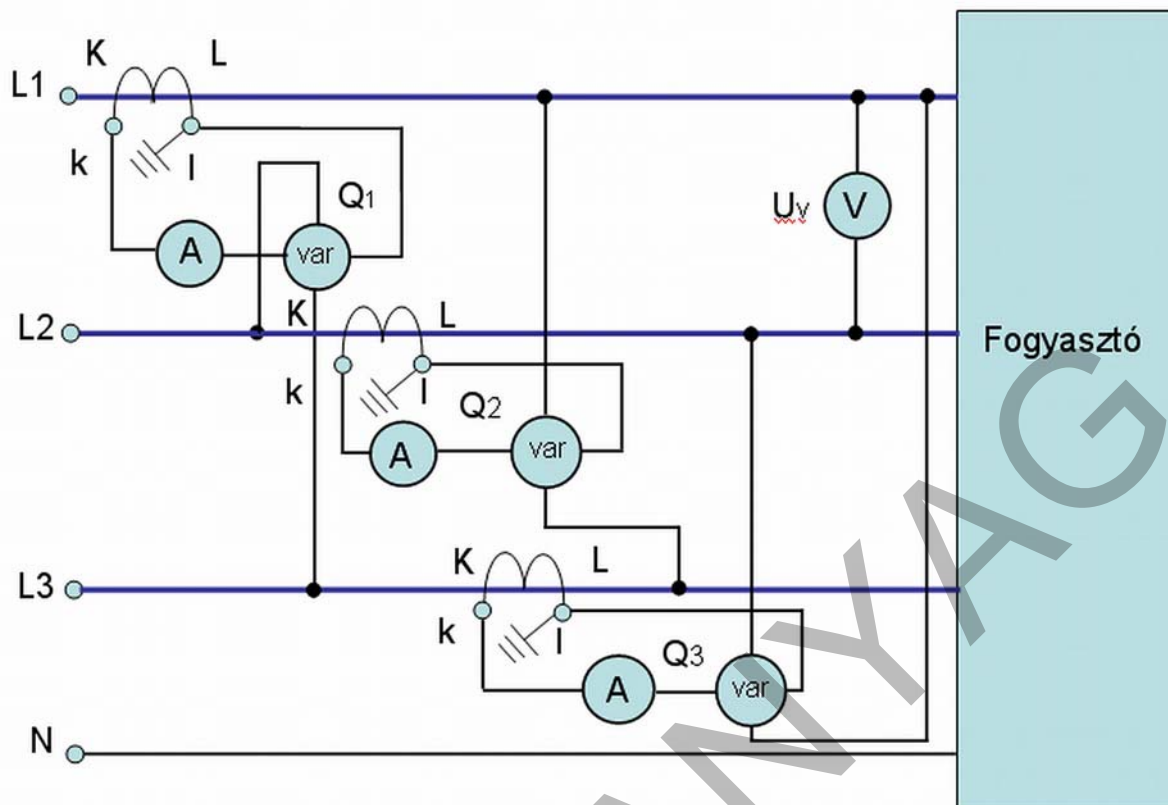


26. ábra. háromfázisú meddőteljesítmény mérése direkt módon

A háromfázisú meddő teljesítmény: $Q_{3f} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{\sqrt{3}}$. A képlet magyarázata az, hogy a feszültségtekercsek vonali feszültséget kapnak, így éppen $\sqrt{3}$ -szor többet mutatnak a tényleges értéknél. Megjegyezzük, hogy az Áron-kapcsoláshoz hasonlóan két W-mérővel is lehet meddőteljesítményt mérni, de a fenti módszer egyszerűbben alkalmazható. A 26. ábrában jelölt var-mérő tehát tulajdonképpen W-mérő.

3.8. Meddő teljesítmény mérése közvetett (indirekt) módon

Ha áramváltót kell bekötni a körbe a nagy fogyasztói vagy hálózati áramok miatt, akkor a háromfázisú meddőteljesítmény értéke: $Q_{3f} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{\sqrt{3}} \cdot a_a$.



27. ábra. Háromfázisú meddőteljesítmény mérése indirekt módon, áramváltóval

4. (HATÁSOS) FOGYASZTÁSMÉRÉS MEGVALÓSÍTÁSA

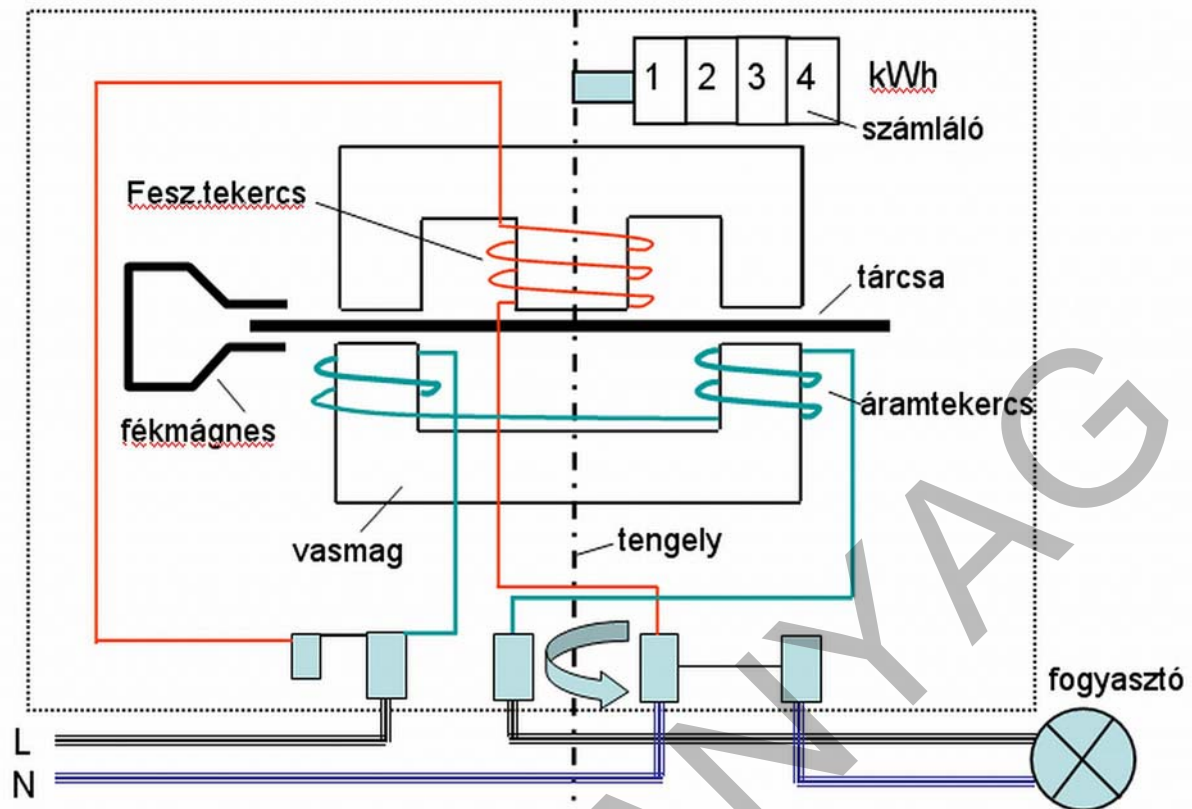
A fogyasztás (villamos munka) a fogyasztó által felvett teljesítmény és a fogyasztás idejének szorzata: $W = P \cdot t$.

Az áramszolgáltató a fogyasztóval kötött szerződésnek megfelelő fogyasztásmérővel méri ezt. A fogyasztó jellegéből, feszültségéből adódóan különféle tarifákkal vételezhet villamos energiát, ennek lehetőségeit a vonatkozó jogszabály részletesen tárgyalja. Itt csak a kiefeszültségen történő fogyasztásmérés technikai megvalósításáról esik szó. Ahogy a teljesítménymérés, úgy a fogyasztásmérés is történhet egy- illetve három fázisú rendszerben. A mérőkészülékek széles családja áll a rendelkezésre. Még a mai napon is működnek több évtizede gyártott, indukciós elven működő fogyasztásmérők.



28. ábra. Háromfázisú indukciós elven működő fogyasztásmérő

A tárcsa szerkezetileg egymáshoz képest térben eltolt áramtekercs és feszültségtekercs vasmagjánál kiképezett légrésben és egy állandó mágnes pólusai között forog. Az áramtekercsen átfolyik a fogyasztói áram, a feszültségtekercsre pedig a fogyasztó feszültsége van kapcsolva. A tárcsát a térben és időben eltolt váltakozó örvényáramok és a váltakozó fluxusok egymásra hatása hajtja, és állandó irányú örvényáramok fékezik. Az indukciós fogyasztásmérő egy bizonyos idő alatt megtett fordulatainak száma arányos a villamos munkával, amelyet a fogyasztó ugyanaz idő alatt elfogyasztott.

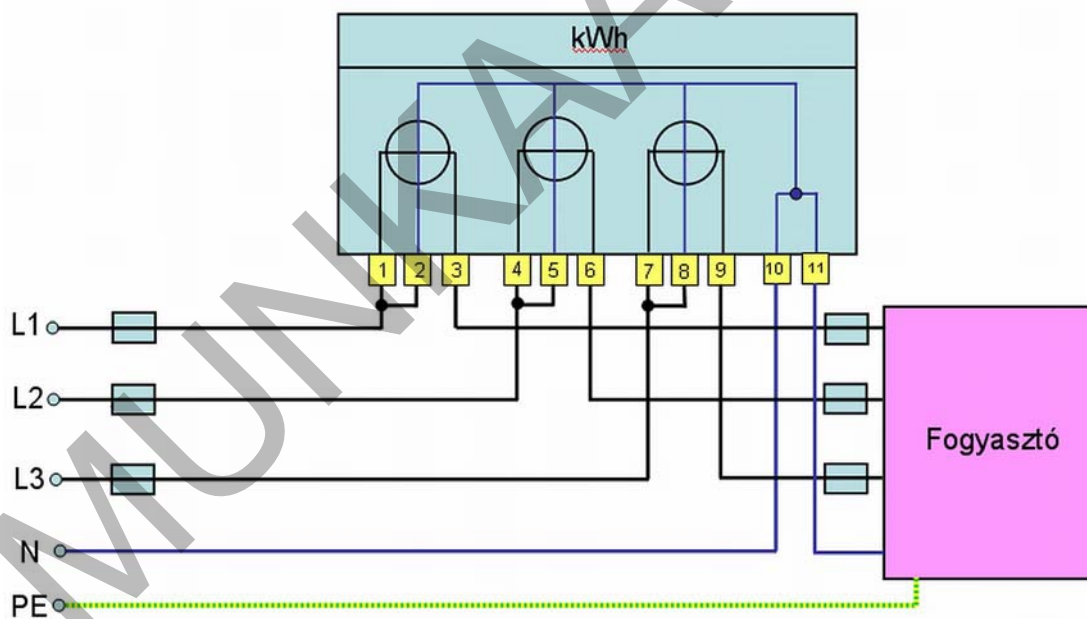


29. ábra. Az indukciós egyfázisú fogyasztásmérő felépítése és bekötése

A mai korszerű fogyasztásmérők mozgó alkatrészt nem tartalmaznak, de bekötésük (és sorozatkapcsaik kialakítása) azonos módon történik. Ezek a berendezések általában alkalmasak a wattos, meddő teljesítmény egyidejű mérésére, számítógéppel összeköthetőek, így az adatok könnyen listázhatóak, grafikonon kirajzolhatóak.

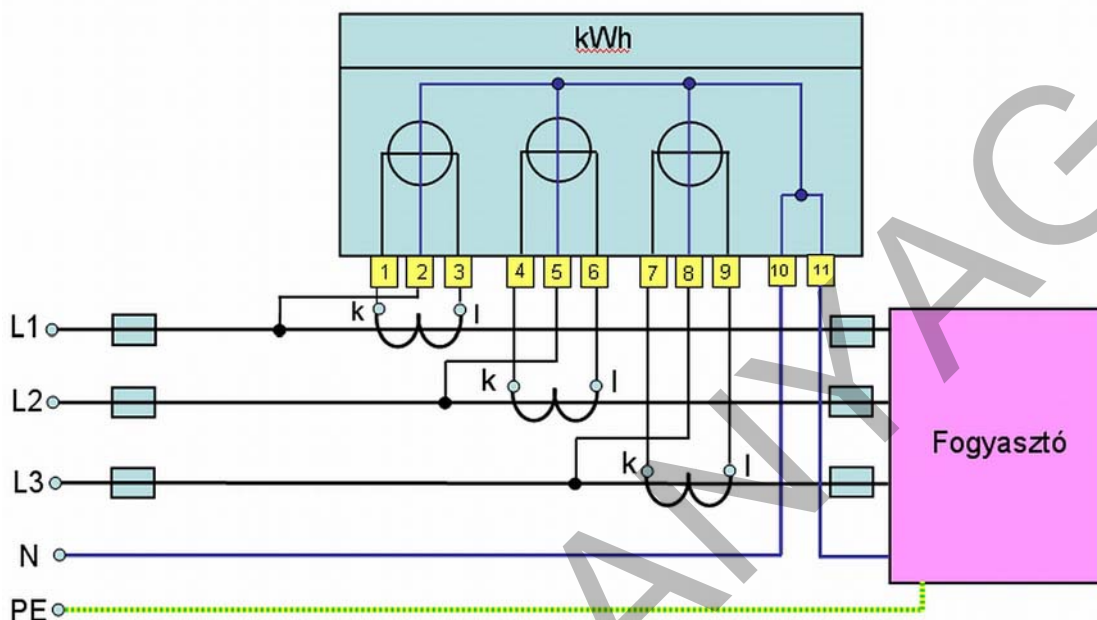


30. ábra. Elektronikus háromfázisú fogyasztásmérő



31. ábra. A háromfázisú fogyasztásmérő bekötése direkt mérés esetén, négyvezetős hálózaton

Direkt mérést 50 A-ig valósítanak meg. Ezen határ felett áramváltó beépítése szükséges, melynek áttételét igazítani kell a biztosító névleges értékéhez. (pl. ha a biztosító névleges árama 100 A, akkor az alkalmazható áramváltó 100/5 áttételű.) A fogyasztás ebben az esetben a mutatott érték és az áramváltó áttételének a szorzata lesz. Fontos, hogy csak minősített áramváltót szabad beépíteni!



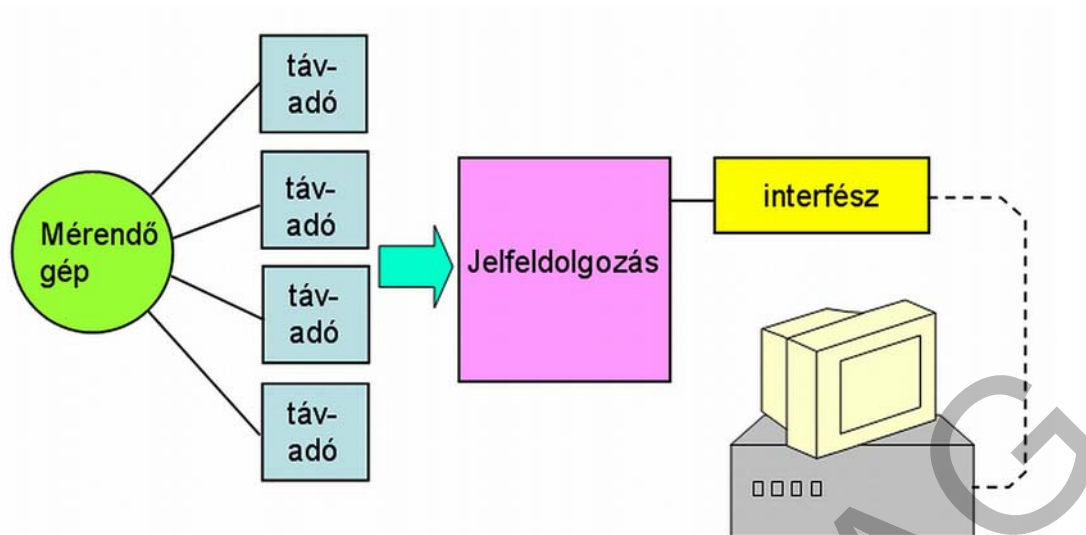
32. ábra. Háromfázisú fogyasztásmérés indirekt módon, áramváltók beépítésével

5. TÁVMÉRÉSI LEHETŐSÉGEK

Sokszor előfordul olyan feladat, amikor a feszültség, áram, frekvencia, fordulatszám, wattos és meddő teljesítmény értékeit számítógéppel támogatott rendszerrel, távmérés útján szeretnénk kijelezni. E rendszernek nagy előnyei:

- A mérés géppel kiértékelhető, az eredmények kirajzolhatók
- A mérést végzőnek nem kell a helyszínen tartózkodnia
- A mérésnél nincs jelentős balesetveszély
- A mérési eredmények bármikor lekérdezhetőek, és nincs leolvasási hiba.

A rendszer lényege, hogy a kívánt jellemzőt egy-egy átalakítóval mérjük. Az átalakító a mért jellemzővel arányos áramjelet állít elő (0–20 mA), amely áramgenerátoros táplálást jelent, tehát értéke nem függ a rákapcsolt jelvezeték hosszától. Ezt a jelet digitalizáljuk, CPU (processzor) segítségével feldolgozzuk, és interfész segítségével a számítógép felé továbbítjuk.



33. ábra. Mérési folyamat távadók segítségével

Az alábbi ábrán egy olyan "terepi egység" belső fényképe látható, mely a fenti berendezéseket jól láthatóan tartalmazza.



34. ábra. Telemechanikai egység távadókkal

E megoldások révén a telemechanikai mérések elterjedése rohamléptekkel halad, és egyre több helyen alkalmazzák.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. feladat: Mérőváltók vizsgálata

A mérésnél használt műszerek adatai:

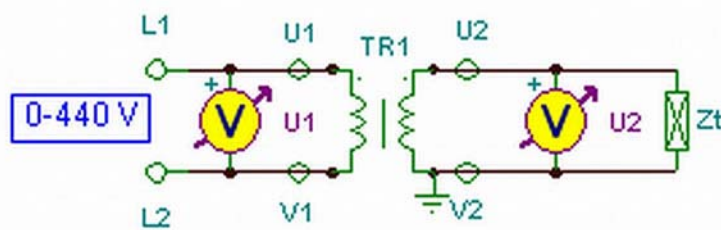
Mérendő mennyiség	A műszer				
	rendszere	gyártója	gyári száma	méréshatára	Skála terjedelme

A mért készülék és egyéb eszközök adatai:

Megnevezés	Jellemző adatok				

1. a.) feladat: feszültségváltó vizsgálata

A mérés kapcsolása:



35. ábra. Feszültségváltó vizsgálata

Jegyezze fel a vizsgálandó feszültségváltó jellemzőit!

U _{1n}	U _{2n}	S _n	Pontossági osztály.	gy.sz.

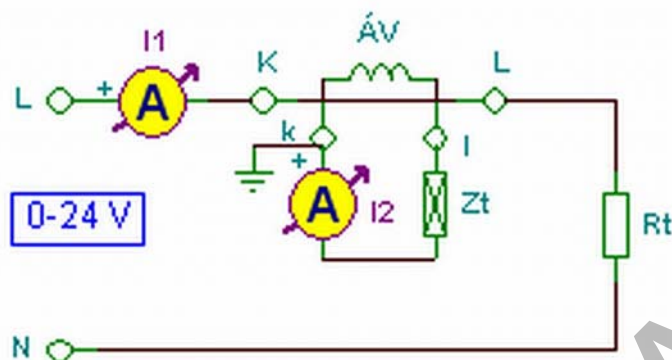
Végezze el az alábbiakat:

- Válasszon a hitelesítés szabályainak megfelelő pontosságú voltmérőket a feszültséghiba vizsgálatához, majd készítse el a kapcsolást a 35. ábra szerint!
- Számolja ki a névleges terhelés értékét, és szabályozza Z_t-t úgy, hogy a feszültségváltó terhelése névleges legyen! (Vegye figyelembe U₂ belső ellenállását!)
- $Z_{tn} =$
- Helyezze feszültség alá a kapcsolást, és a toroiddal szabályozza U₁-et a névleges primer feszültség 80 %-ára! Olvassa le a műszereket és az értékeket írja az alábbi táblázat megfelelő sorába! Határozza meg a kért értékeket !
- Növelje U₁-et a névlegesre, majd annak 120 %-ára, és a mért értékeket jegyezze fel a táblázatba!
- Ismételje meg az előbbi három mérést a feszültségváltó 50 %-os terhelése esetén is!
- Számítsa ki a kért mennyiségeket és az eredményeket ugyancsak a fenti táblázatba írja!

a _n =.....		U ₁			U ₂			a _p	h
		C	α	V	C	α	V	--	%
0,8 · U _{1n}	Z _{tn}								
	2 · Z _{tn}								
1 · U _{1n}	Z _{tn}								
	2 · Z _{tn}								
1,2 · U _{1n}	Z _{tn}								
	2 · Z _{tn}								

1/b.) feladat: Áramváltó vizsgálata

Áramhiba meghatározása



36. ábra. Áramváltó áttételének meghatározása

Jegyezze fel a vizsgálandó áramváltó jellemzőit!

I_{1n}	I_{2n}	S_n	p.o.	gy.sz.

Elvégzendő feladatok:

Válasszon a hitelesítés szabályainak megfelelő pontosságú ampermérőket az áramhiba vizsgálatához, majd készítse el a kapcsolást a 36. ábra szerint!

Számolja ki a névleges teher értékét, és szabályozza Z_t -t úgy, hogy az áramváltó terhelése névleges legyen! (Vegye figyelembe I_2 belső ellenállását!)

$$Z_{tn} =$$

A mérésvezető engedélyével helyezze feszültség alá a kapcsolást, majd a toroiddal és az R_t -vel szabályozza I_1 -et a névleges primer áramra! Olvassa le a műszereket és az értékeket írja a táblázat megfelelő sorába!

Növelje I_1 -et a névleges primer áram 120 %-ára, és a mért értékeket jegyezze fel a táblázatba!

Ismételje meg az előbbi két mérést az áramváltó 50 %-os terhelése esetén is!

Számítsa ki a táblázatban kért mennyiségeket és az eredményeket.

$a_n = \dots\dots$	I_1			I_2			a_p	h
	C	α	A	C	α	A	--	%

I_{1n}	Z_{tn}								
	$0,5 \cdot Z_{tn}$								
$1,2 \cdot I_{1n}$	Z_{tn}								
	$0,5 \cdot Z_{tn}$								

2. feladat: Hatásos és meddő teljesítmény mérése háromfázisú hálózaton

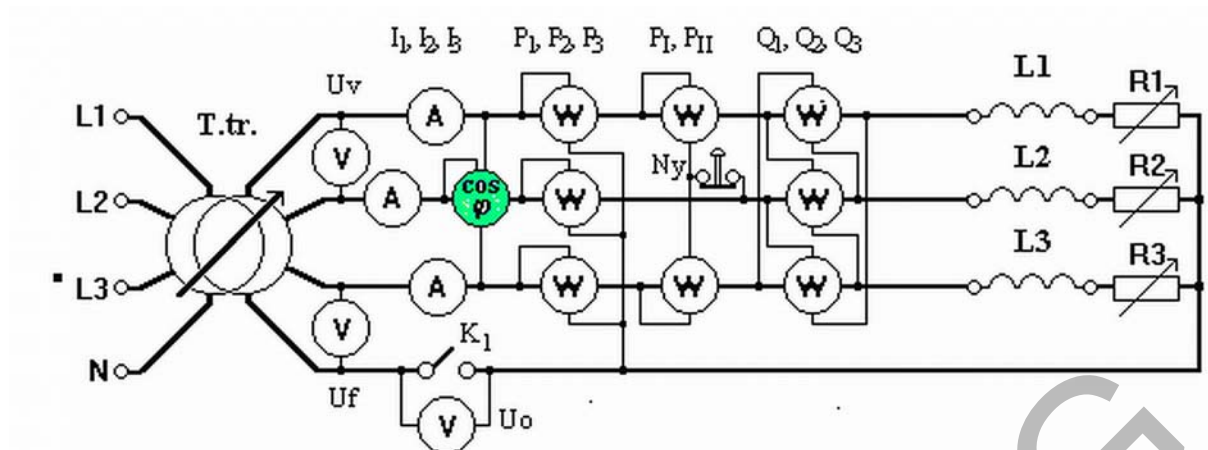
A mérésnél használt műszerek adatait írja be az alábbi táblázatba:

Mérendő mennyiség	A műszer				
	rendszere	gyártója	gyári száma	méréshatára	Skála terjedelme

A mért készülék és egyéb eszközök adatai:

Megnevezés	Jellemző adatok				

A mérés kapcsolása:



37. ábra. Hatásos és meddőteljesítmény mérése háromfázisú hálózaton

Mérési feladatok:

a.) Hatásos és meddő teljesítmény mérése szimmetrikus fogyasztóval

- Az áramkört a fogyasztói hálózatról, háromfázisú toroid-transzformátoron keresztül táplálja. A jobb áttekinthetőség érdekében a főáramkört fázisonként más-más színű, dugós vezetékkel készítse. Az eszközök fémburkolatát csatlakoztatni kell a védővezetőhöz (EPH)!
- Kapcsolja be az áramkört, és állítson be $U_v = 110\text{ V}$ -os feszültséget!

Először a háromvezetős hálózatot vizsgáljuk:

- Kapcsolja K1-et nyitott állapotba!
- Az R változtatásával állítson be $\cos\varphi > 0,5$; $\cos\varphi = 0,5$; és $\cos\varphi < 0,5$ -öt!
- A nyomógomb segítségével határozza meg P_{II} előjelét.
- A műszerekről leolvasott értékeket írja a táblázat megfelelő soraiba! (1-3. sor)

Következik a négyvezetős hálózat vizsgálata:

- Kapcsolja K1-et zárt állapotba!
- Az R változtatásával állítson be $\cos\varphi < 0,5$ -öt.
- A nyomógomb segítségével határozza meg P_{II} előjelét.
- A műszerekről leolvasott értékeket írja a táblázat megfelelő sorába! (4. sor)

Hatásos és meddő teljesítmény mérése háromfázisú hálózaton																							
K1 helyzete			Uv			Uf			Uo			I1			I2			I3			P1		
			α	C	V	α	C	V	α	C	V	α	C	A	α	C	A	α	C	A	α	C	W
Szimmetrikus terhelés																							
1.	ki																						
2.	ki																						
3.	ki																						
4.	be																						
Aszimmetrikus terhelés																							
5.	ki																						
6.	be																						
Hatásos és meddő teljesítmény mérése háromfázisú hálózaton																							
K1 helyzete			P2			P3			PI			PII			Q1			Q2			Q3		
			α	C	W	α	C	W	α	C	W	α	C	W	α	C	var	α	C	var	α	C	var
Szimmetrikus terhelés																							
1.	ki																						
2.	ki																						
3.	ki																						
4.	be																						
Aszimmetrikus terhelés																							
5.	ki																						
6.	be																						

b.) Hatásos és meddő teljesítmény mérése aszimmetrikus fogyasztóval

Először a háromvezetős hálózatot vizsgáljuk

- Kapcsolja K1-et nyitott állapotba!
- Az R változtatásával állítson be $\cos\varphi < 0,5$ -öt!
- A nyomógomb segítségével határozza meg PII előjelét.
- A műszerekről leolvasott értékeket írja a táblázata megfelelő sorába! (5. sor)

Következik a négyvezetős hálózat vizsgálata:

- Kapcsolja K1-et zárt állapotba!

- Az R változtatásával állítson be $\cos\varphi < 0,5$ -öt.
- A nyomógomb segítségével határozza meg P_{II} előjelét.
- A műszerekről leolvasott értékeket írja a táblázat megfelelő sorába! (6. sor)

Számítsa ki az alábbi értékeket, és írja be a táblázat megfelelő rovatába!

K1 helyzete			Pö1 (P1,P2,P3)	Pö2 (PI,PII)	Sö (U,I)	Qö3 (Q1,Q2,Q3)	cos φ (Pö,Sö)
			W	W	VA	var	--
	ki						
	ki						
	ki						
	be						
	ki						
	be						

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK**1. feladat**

Sorolja fel, hogy milyen adatok találhatók az elektromechanikus műszerek skálalapján?

2. feladat

Írja le, hogy melyek az elektromechanikus műszerek legjellemzőbb hibái?

3. feladat

Mutassa be, hogy milyen célt szolgál a mutató alá helyezett tükörlap?

4. feladat

Milyen előnyök jellemzik a digitális műszereket az analóg műszerekkel szemben? Sorolja fel ezeket!



5. feladat

Rajzolja le a legfontosabb analóg műszerek rajzjeleit !



6. feladat

Rajzolja le a söntellenállással történő méréshatár-bővítést! Mi a méretezés képlete?



7. feladat

Rajzolja le az előtét–ellenállással történő méréshatár–bővítést! Mi a méretezés képlete?

**8. feladat**

Mutassa be az áramváltók feladatát és legfontosabb jellemzőit !

**9. feladat**

Írja le a feszültségváltók feladatát és legfontosabb jellemzőit !

10. feladat

Rajzolja le a háromfázisú, szimmetrikus hálózaton történő teljesítménymérés kapcsolását egy W-mérővel!



11. feladat

Rajzolja le az Áron-kapcsolást !

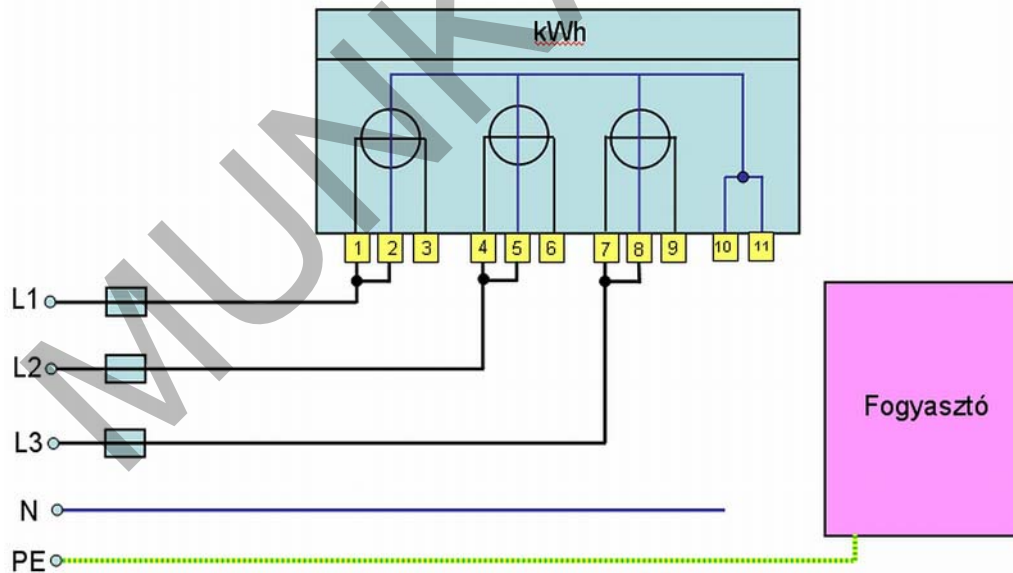


12. feladat

Mutassa be azt, hogy mi a meddőteljesítmény mérésének elve?

13. feladat

Egészítse ki az alábbi ábrát. Milyen kapcsolást lát?



38. ábra.

14. feladat

Rajzolja le a telemechanika elvét, és ismertesse előnyeit !

MEGOLDÁSOK

1. feladat

- műszerrel mérhető mennyiség(ek);
- mérőrendszer típusának jelképe;
- áramnem;
- pontossági osztály jele;
- próbafeszültség jele;
- a vonatkozó szabvány száma;
- gyártómű, típusjel, gyártási szám;
- áramváltó, feszültségváltó áttétele, sönt vagy egyéb tartozékok jellemzői, ha a műszert ezzel együtt használják.
- Ezen felül további jellemzők is szerepelhetnek pl. belső ellenállás, önindukciós tényező, referencia- és használati tartomány.

2. feladat

A mérőműszer hibáját okozhatja az, hogy a skála osztásvonalai nem megfelelő helyen vannak, az osztásvonalak és a mutató vastagsága vagy formája nem megfelelő, a továbbító, átalakító és kijelző szerv alkatrészei billegnek vagy holtjátékkal rendelkeznek, mérés előtt a műszert nem nulláztuk ki, vagy nem megfelelő helyzetben használjuk, ill. működését külső elektromos, vagy mágneses terek zavarják. Legjellemzőbb hibafajták:

- **Skálahiba:** melynek oka a skálaosztás pontatlansága, a skálajelek vastagsága.
- **Leolvasási hiba.** Ez egyrészt abból adódik, hogy a mutató kismértékben billeghet, a leolvasás így bizonytalanná válhat. Másrészt ha a mutatót nem pontosan merőlegesen nézzük, akkor újabb hiba, az ún. parallaxis hiba problémájába ütközünk.
- A felsoroltakon kívül lehet még frekvenciahiba, hőmérséklethiba, stb.

Csoportosítás a hibák jellege szerint

A mérés közben elkövetett hiba lehet rendszeres és véletlen. Rendszeresnek nevezzük a hibát, ha nagysága és előjele a megismételt mérésekben állandó és meghatározható. Ha a hibát okozó tényezők mértéke nem állandó, véletlen hiba keletkezik

3. feladat

Ha "ferdén" szemléljük a műszert, parallaxis hiba jön létre. Ennek elkerülését segíti a tüköralátétes skála: a skála osztásvonalai alatt a skálalapon rést vágnak ki, a skálalap alá tükröt helyeznek, és néha a mutató végét késszerűre képezik ki. Merőleges a szemlélési irány, ha a mutató és tükröképe pontosan fed egymást.

4. feladat

- nagyobb pontosság,
- nagyobb érzékenység,
- nagyobb mérési sebesség,
- egyértelmű leolvashatóság,
- nagyobb bemeneti impedancia,
- nagyobb frekvencia tartomány.
- a mért érték tárolható,
- a műszer működtetése automatizálható

5. feladat

Lásd a 3. ábrát!

6. feladat

$R_s = \frac{R_b}{n-1}$, ahol $n = \frac{I}{i}$. (I az a áramerősség, amire az "i" méréshatárú műszert bővíteni szeretnénk. R_b az alapműszer belső ellenállása.)

Lásd a 12. ábrát !

7. feladat

$R_e = R_b \cdot (n-1)$, ahol $n = \frac{U}{u}$.

Lásd a 7. ábrát!

8. feladat

A nagyobb áramerősségek mérésére váltakozóáramon az ún. áramváltó használható. Ez a berendezés egy speciális transzformátor, melynek primer tekercselése kis menetszámú, nagy áramú. Szekunder tekercselésének névleges árama általában 5 A. Az áramváltó áttétele:

$a = \frac{I_1}{I_2}$, ahol I_1 a primer, I_2 a szekunder oldalon folyó áram.

Alapszabály, hogy áramváltót nyitott szekunder kapcsokkal üzemeltetni tilos, a szekunder körben biztosítót, kapcsolót alkalmazni nem szabad ! Ha nem kötünk az áramváltóra műszert, akkor szekunder kapcsait rövidre kell zárni ! Az áramváltók szekunder oldalát földelni kell !

Ha több áramtekercset kötünk ugyanarra az áramváltóra (V-mérő, W-mérő áramtekercs), akkor az áramváltót túlterhelhetjük. Az áramváltó relatív hibája:

$$h = \frac{a \cdot I_2 - I_1}{I_1} \cdot 100.$$

Az áramváltók névleges terhelését a látszólagos teljesítményükkel adják meg:

$S_n = I_2^2 \cdot Z_n$, ahol Z_n a terhelő impedancia névleges értéke. A túlterhelt áramváltó hibái a névlegesnél nagyobbak. Amennyiben a primer és szekunder oldali áramok között szögeltérés van, akkor beszélünk az áramváltó szöghibájáról. Az áramváltókat a műszerekhez hasonlóan pontossági osztályokba sorolják, így 0,1; 0,2; 0,5; 1, 3, és 5%.

9. feladat

Az erősáramú gyakorlatban sok esetben előfordul, hogy 10 kV, 20 kV, vagy akár 400 kV feszültség mérése is szükséges lehet egy-egy alállomási transzformátornál. Ilyen esetekben egyedül a feszültségváltón keresztül történő mérés az egyedüli megoldás. **A feszültségváltó olyan transzformátor, melynek primer oldala a mérendő hálózatra van kötve, szekunder oldalára pedig egy "szimpla" feszültségmérőt kapcsolunk.** A szekunder oldal feszültsége 100, vagy 110 V-os. A rákapcsolt műszer skálázása a mérendő feszültségnek megfelelő, pl. 220 kV esetén 250 kV a végkitérés. Megjegyezzük, hogy a feszültségváltó egy gyakorlatilag üresen járó transzformátor, melynek nagyon pontos az áttétele. Ez a következő képlettel számolható:

$a = \frac{U_1}{U_2}$. Így a mérendő U_1 feszültség értéke a mért U_2 feszültség és az áttétel segítségével: $U_1 = a \cdot U_2$. Sajnos, ha több feszültségtekercset kötünk ugyanarra a feszültségváltóra (V-mérő, W-mérő feszültségtekercs), akkor változik a szekunder oldali feszültség értéke, tehát a feszültségváltók áttétele soha nem pontos, így beszélhetünk a műszerekhez hasonlóan a mérés relatív hibájáról:

$$h = \frac{a \cdot U_2 - U_1}{U_1} \cdot 100.$$

A feszültségváltók névleges terhelését a látszólagos teljesítményükkel adják meg:

$S_n = U_{2n}^2 \cdot Y_n$, ahol Y_n a terhelő admittancia névleges értéke. A túlterhelt feszültségváltó hibái a névlegesnél nagyobbak. Amennyiben a primer és szekunder oldali feszültségek között szögeltérés van, akkor beszélünk a feszültségváltó szöghibájáról. A feszültségváltókat a műszerekhez hasonlóan pontossági osztályokba sorolják, így 0,1; 0,2; 0,5; 1 és 3%

10. feladat

Lásd a 21. ábrát !

11. feladat

Lásd a 22. ábrát !

12. feladat

Négyvezetékes hálózaton, szimmetrikus feszültség és aszimmetrikus terhelés esetén három teljesítménymérővel mérjük a meddő teljesítményt. Mindhárom fázisban a fogyasztóval sorba kötjük az áramtekercseket. Az egyes teljesítménymérő műszerek feszültségtekercsét azokba a fázisokba kötjük be, amelyekben nem szerepel az áramtekercsük. Meddőteljesítményt mérni tehát szintén W-mérővel lehet. A műszer bekötése annyiban más a hatásos teljesítmény méréséhez képest, hogy a feszültségtekercset ún, idegen fázisokra kell kötni. Természetesen ilyenkor a tekercs nem fázis, hanem vonali feszültséget kap. A mérés elve az, hogy az áramokhoz képest a vonali feszültségek 90° -al eltolt helyzetben vannak, így a műszer éppen a meddő teljesítményt méri.

Lásd a 26. ábrát !

13. feladat

Lásd a 31. ábrát !

14. feladat

Lásd a 33. ábrát!

- A mérés géppel kiértékelhető, az eredmények kirajzolhatók
- A mérést végzőnek nem kell a helyszínen tartózkodnia
- A mérésnél nincs jelentős balesetveszély
- A mérési eredmények bármikor lekérdezhetőek, és nincs leolvasási hiba.

IRODALOMJEGYZÉK**FELHASZNÁLT IRODALOM:**

Szenes György: Váltakozóáramú alaptermékek. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1988.

Major László: Villamos mérés-technika. Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft. Budapest, 1999.

AJÁNLOTT IRODALOM

Seyr-Rösch: Villanyszerelés, Villámvédelem, Világítástechnika. Műszaki Könyvkiadó Kft, 2000.

A(z) 0929–06 modul 008–as szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 522 01 0000 00 00	Erősáramú elektrotechnikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
20 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató