

1. mérés:

Indukciós fogyasztásmérő hitelesítése wattmérővel

1.1. A mérés célja

Indukciós fogyasztásmérő hibagörbéjének felvétele a terhelés függvényében wattmérő segítségével.

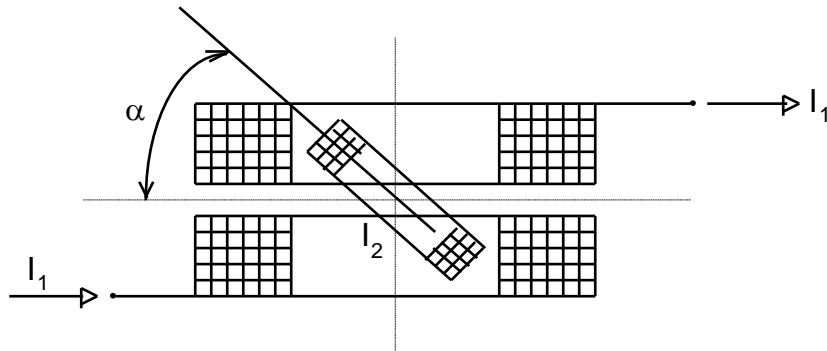
1.2. A méréshez szükséges eszközök és műszerek

- 1db hitelesítendő indukciós fogyasztásmérő
- 1db wattmérő
- 1 db stopperóra
- 1 db változtatható terhelőellenállás (párhuzamosan kapcsolt izzólámpák)

1.3. A méréshez szükséges elméleti alapok

1.3.1. Az elektrodinamikus wattmérő működése

Az elektrodinamikus mérőmű elvi elrendezését az 1.1. ábra szemlélteti.



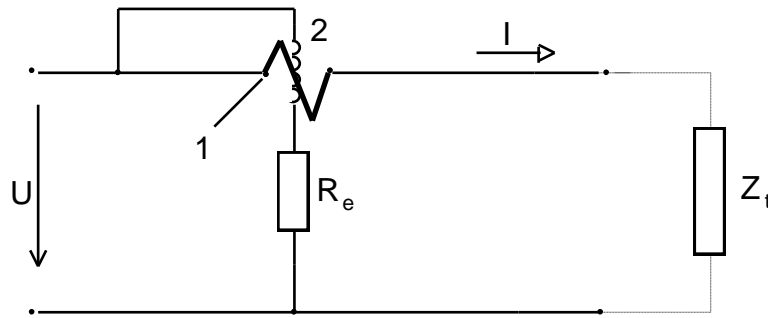
1.1. ábra. Az elektrodinamikus mérőmű elvi felépítése

Az álló tekercsben folyó  $I_1$  áram és a lengő tekercs  $I_2$  áram mágneses terének kölcsönhatása következtében a lengő tekercsre kitérítő nyomaték hat. Ha a visszatérítő nyomatékot rugó állítja elő, akkor a műszer kitérésére az alábbi egyenlet vonatkozik:

$$\alpha = \frac{1}{c_r} * \frac{dL_{12}}{d\alpha} * I_1 * I_2 * \cos \varphi,$$

ahol

- $\alpha$  a lengőtekercs kitérés szöge,
- $c_r$  a rugóállandó,
- $L_{12}$  a két tekercs közötti kölcsönös induktivitás,
- $I_1, I_2$  a tekercsekben folyó áramok effektív értéke és
- $\varphi$  az  $I_1$  és  $I_2$  áramok közti fázisszög.



1.2. ábra. Az elektrodinamikus wattmérő kapcsolása

Az elektrodinamikus wattmérő kapcsolása az 1.2. ábrán látható. Az 1. tekercsen átfolyik a fogyasztó  $I$  árama, ez a wattmérő áramága (áramtekercs). A 2. jelű tekercs árama közelítőleg a fogyasztó  $U$  feszültségével arányos és fázisban van vele, ha  $R_e$  elég nagy a tekercs reaktanciájához képest. A 2. jelű tekercs köre a wattmérő feszültségága (feszültségtekercs).

Az előzők szerint a mérőmű kitérése tehát arányos lesz a fogyasztó árama és feszültsége effektív értékeinek, valamint az áram és feszültség közötti fázisszög koszinuszának szorzatával, vagyis a hálózat  $P_h$  hatásos teljesítményével.

Megjegyzendő, hogy a mérőmű csak azonos periódusú áramok hatására szolgáltat kitérítő nyomatékot. Ez a tény biztosítja, hogy a wattmérő torz áram- és feszültséggörbével rendelkező hálózatban is helyesen méri a hatásos teljesítményt.

### 1.3.2. Az indukciós fogyasztásmérő

Az indukciós fogyasztásmérő forgórészének kitérítő nyomatékát az állórészen elhelyezett tekercsek mágneses fluxusa, és a forgórészben indukálódott örvényáramok közötti kölcsönhatás hozza létre. A mérőmű elvi felépítését az 1.3. ábra szemlélteti. Levezethető, hogy a forgórészre ható kitérítő nyomaték értéke:

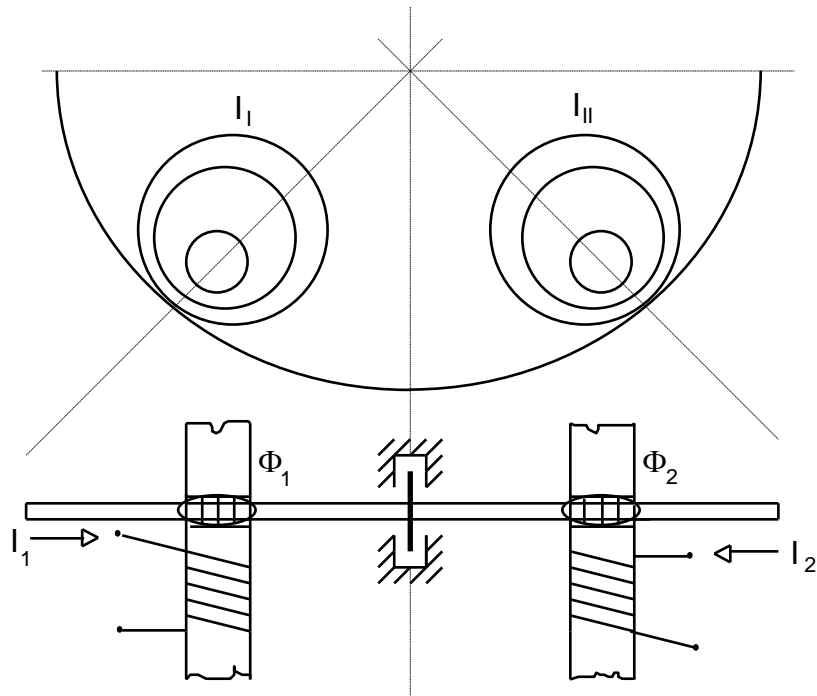
$$M_k = k * \omega * I_1 * I_2 * \sin \beta,$$

ahol

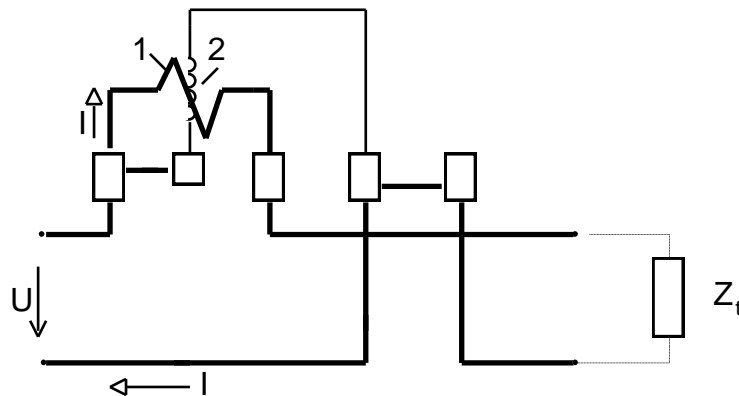
- $k$  a műszerre jellemző állandó,
- $\omega$  a körfrekvencia,
- $I_1, I_2$  a tekercsekben folyó áramok effektív értéke és
- $\beta$  az  $I_1$  és  $I_2$  áramok közti fázisszög.

A visszatérítő nyomatékot "örvényáramú fék" biztosítja ( $M_v = k * n$ ), ezért a forgórész fordulatszáma arányos lesz a mindenkor  $I_1 * I_2 * \sin \beta$  szorzattal.

Az indukciós fogyasztásmérő kapcsolása az 1.4. ábrán látható. A szorítókapcsok világszerte elfogadott szabvány szerint az ábrának megfelelően helyezkednek el.



1.3. ábra. Az indukciós fogyasztásmérő működése



1.4. ábra. Az indukciós fogyasztásmérő bekötése

Az 1 tekercs az áramtekercs, amelyen a hálózat teljes  $I$  árama átfolyik. A 2 tekercsen átfolyó  $I_u$  áram arányos a hálózat  $U$  feszültségével. Az állótekercseket úgy alakítják ki, hogy a feszültségtekercs fluxusa egyszer, az áramtekercs fluxusa pedig kétszer metszi a tárcsát. A mágneskör speciális kialakításával biztosítják, hogy a hálózat feszültsége és árama közötti  $\varphi$  szög, és a tekercsek áramai közötti  $\beta$  fázisszög összege  $\frac{\pi}{2}$  legyen  $\left(\beta = \frac{\pi}{2} - \varphi\right)$ . Ebben az esetben az előzők szerint fennáll a következő összefüggés:

$$M_k = C \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = C \cdot P_h$$

illetve

$$n = C \cdot P_h.$$

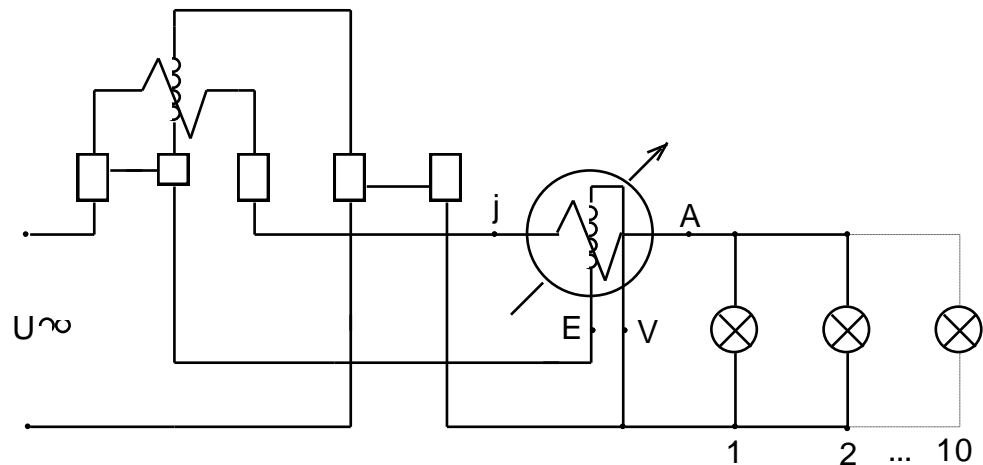
A tárcsa által megtett fordulatok száma  $t - t_0$  időszakra vonatkozóan a villamos munkával arányos:

$$\int_{t_0}^t n dt = C \cdot \int_{t_0}^t P_h \cdot dt$$

$$\underline{\underline{n_t - n_{t_0} = C \cdot W.}}$$

#### 1.4. A mérés menete

Az 1.5. ábrának megfelelően összeállítjuk a mérési kapcsolást. A tápfeszültség 110 V!



1.5. ábra. Indukciós fogyasztásmérő hitelesítése

Az 1-es lámpaterhelést bekapcsolva mérjük a wattmérő által mutatott teljesítményt, valamint egy stopperóra segítségével megmérjük azt az időt másodpercben, amely a fogyasztásmérő tárcsájának pl. egy fordulata alatt eltelt. Az időmérés hibája csökkenthető, ha a tárcsa több körfordulásának az idejét mérjük meg. Ezekből, valamint a fogyasztásmérő adataiból kiszámítható a fogyasztott villamos energia. A fogyasztásmérőn a következő adatokat találjuk:

$$f = 50, \quad U = 150V, \quad I = 5A, \quad 1hWó = 400ford.$$

Az utóbbi adatból meghatározható, hogy egy fordulat mennyi munkát jelent:

$$400ford = 100 \cdot 3600Wsec, \text{ amelyből}$$

$$1ford = \frac{100 \cdot 3600}{400} = 900Wsec.$$

A wattmérő és a stopperóra segítségével mért munkát pontosnak véve a fogyasztásmérő hibája az alábbi módon határozható meg:

## Mentes: Elektrotechnika mérési útmutató I.

$$h\% = \frac{P_m - P_p}{P_p} * 100.$$

Ha pl. egy izzó esetén a tárcsa 25 sec alatt egy fordulatot tett meg, a wattmérő pedig 37 wattot jelzett, akkor a fogyasztásmérő százalékos hibája:

$$P_m = \frac{900}{25} W = 36W,$$

$$P_p = 37W,$$

$$h\% = \frac{36-37}{37} * 100 = -2,7\% .$$

A fogyasztásmérő tehát 2,7%-kal kisebb értéket mutat a valóságosnál.

A mérés eredményének kiértékeléséhez az alábbi táblázatot és diagrammot készítsük el.

Égők száma	t [sec]	n [ford]	P <sub>m</sub> [W]	P <sub>p</sub> [W]	h [%]



### 1.5. Mérési feladatok

- 1.5.1. Eggyel kezdve mindig eggyel több izzót bekapcsolva mindenegyes terhelésnél mérje meg az indukciós fogyasztásmérő hibáját!
- 1.5.2. Ábrázolja a hibagörbét és az indukciós fogyasztásmérő működésének ismeretében adjon magyarázatot a hibagörbe menetére!

### 1.6. Ellenőrző kérdések

- 1.6.1. Mi a hatásos teljesítmény?
- 1.6.2. Hogyan működik az elektrodinamikus wattmérő?

- 1.6.3. Hogyan működik az indukciós fogyasztásmérő?
- 1.6.4. Milyen hibák lépnek fel az indukciós fogyasztásmérőben?
- 1.6.5. Mivel mérhető az egyenáramú fogyasztók fogyasztása?

2. mérés:

Háromfázisú teljesítmény mérése

2.1. A mérés célja

Szimmetrikus, aszimmetrikus háromfázisú fogyasztók teljesítményfelvételének meghatározása wattmérőkkel.

2.2. A méréshez szükséges műszerek és eszközök

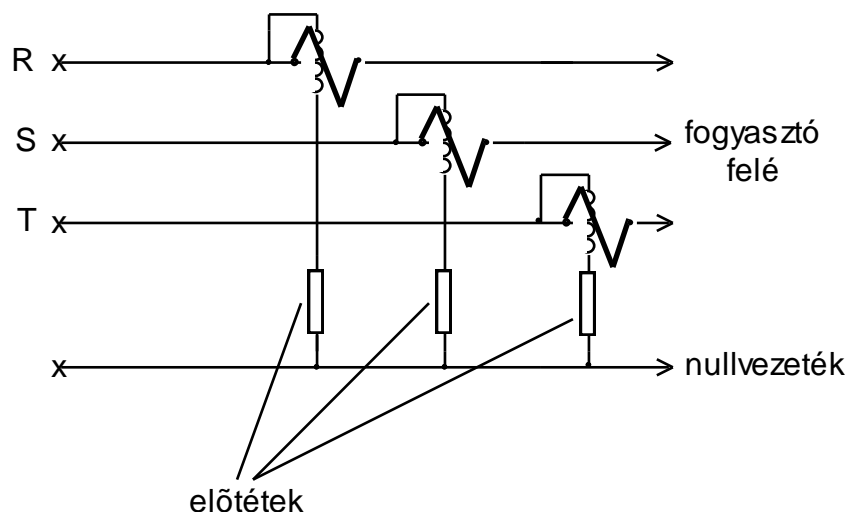
- 3 db elektromechanikus wattmérő
- 1 db aszinkron motor
- 1 db háromfázisú terhelőimpedancia

2.3. A méréshez szükséges elméleti alapok

Attól függően, hogy a terhelés szimmetrikus, vagy aszimmetrikus és hogy három- vagy négyvezetékes rendszerrel állunk-e szemben, a háromfázisú teljesítmény mérésére az alábbi ötféle módszert ismertetjük.

2.3.1. Háromfázisú teljesítmény mérése három wattmérővel négyvezetékes (három fázisvezeték és egy nullvezeték) háromfázisú hálózatban

A mérés a 2.1. ábra szerinti kapcsolásban történik. A wattmérő áramtekercsén a fázisáram folyik, a feszültségtekercs pedig fázisfeszültségre (egy fázisvezeték és a nullvezeték közti feszültség) van kapcsolva, tehát egy fázis teljesítményét méri. A háromfázisú teljesítményt a három wattmérő által mutatott érték összege adja. Ez a módszer mind szimmetrikus, mind aszimmetrikus terhelés esetén helyes eredményt ad.

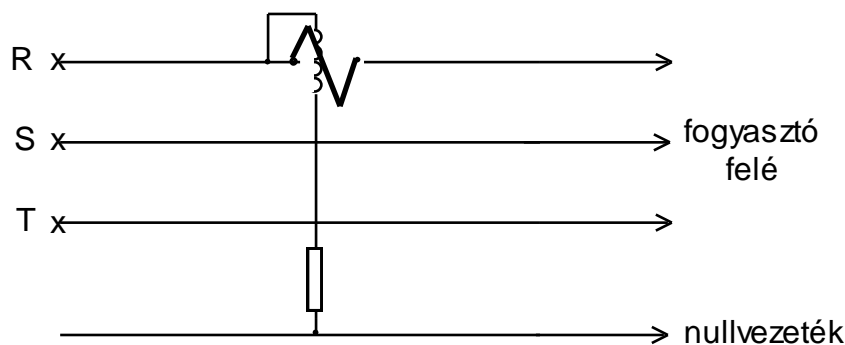


2.1. ábra. Háromfázisú teljesítmény mérése három wattmérővel négyvezetékes háromfázisú rendszerben

A feszültségtekercssel sorbakötött előtétellenállások rendszerint be vannak építve a műszerbe, így sorbakapcsolásukról nem kell külön gondoskodni. A több méréshatárú és többféle feszültségre használható wattmérőknél azonban a feszültségtekercssel sorbakötendő előtétellenállást a műszerhez külön mellékelik, ezért az ábrákon még fel vannak tüntetve.

### 2.3.2. Háromfázisú teljesítmény mérése egy wattmérővel négyvezetékes (három fázisvezeték és egy nullvezeték) háromfázisú hálózatban.

Egy wattmérővel a háromfázisú teljesítmény a 2.2. ábrán látható kapcsolásban mérhető. Ez a kapcsolás szimmetrikus terhelés esetén ad helyes értéket, mert a beiktatott egy wattmérővel csak egy fázis teljesítményét mérjük. A háromfázisú teljesítményt úgy kapjuk meg, hogy a wattmérő által mutatott értéket hárommal megszorozzuk. Aszimmetrikus terhelés esetén mindhárom fázis terhelése más és más, tehát ez a módszer csak akkor használható, ha a terhelés az időben állandó. Ekkor az egy wattmérővel egymás után megmérjük az egyes fázisok teljesítményét és a mért teljesítmények összege adja a fogyasztó háromfázisú teljesítményét.

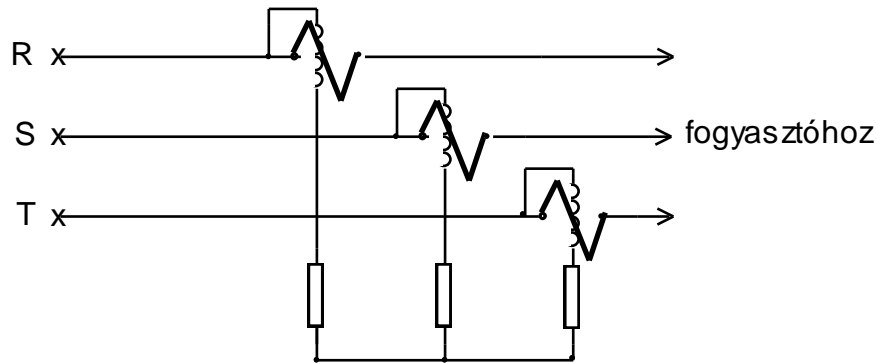


2.2. ábra. Háromfázisú teljesítmény mérése egy wattmérővel négyvezetékes háromfázisú rendszerben.

### 2.3.3. Háromfázisú teljesítmény mérése három wattmérővel háromvezetékes háromfázisú hálózatban.

Háromvezetékes rendszer esetén a három wattmérőt a 2.3. ábra alapján kötjük be. Nullvezeték nem lévén a három feszültségtekercs három végét mesterséges csillagpontban egyesítjük. A háromfázisú teljesítményt úgy kapjuk, hogy az egyes wattmérők által mutatott értékeket összeadjuk. Ez a módszer aszimmetrikus terhelés esetén és akkor is használható, ha a három wattmérő feszültségkörének ellenállása nem egyenlő, tehát pl. három különböző típusú más-más méréshatárú wattmérő esetében is. A háromfázisú teljesítmény a három wattmérő által mutatott érték összegével egyenlő, azonban ebben az esetben az egyes wattmérők által jelzett teljesítménynek külön-külön fizikai értelme nincs.

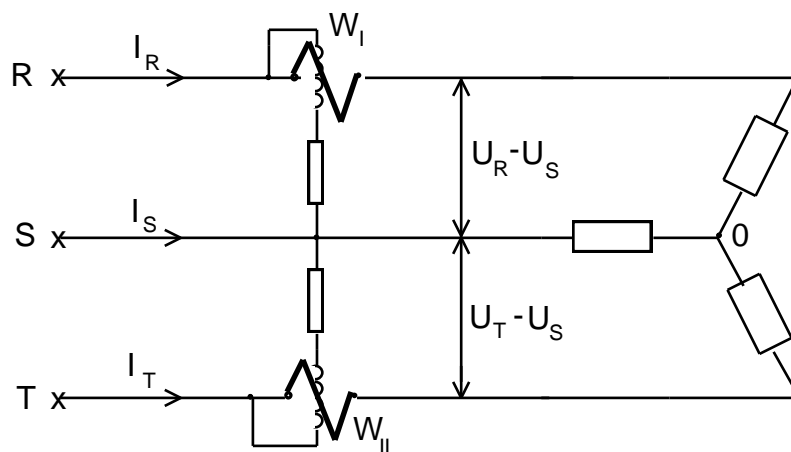




2.3. ábra. Háromfázisú teljesítmény mérése három wattmérővel háromvezetékű háromfázisú hálózatban.

#### 2.3.4. Teljesítménymérés háromvezetékű rendszerben két wattmérővel

Ezt a kapcsolást (2.4. ábra) a felfedezőjéről Áron kapcsolásnak is nevezzük. Szimmetrikus és aszimmetrikus terhelés esetén egyaránt helyes eredményt ad, azonban feltétel, hogy nullvezeték ne legyen. A fogyasztó akár csillagba, akár deltába kapcsolható ez a mérés eredményét nem befolyásolja.



2.4. ábra. Teljesítmény mérése háromvezetékű háromfázisú hálózatban két wattmérővel (Áron-kapcsolás)

Most vizsgáljuk meg, hogy hogyan kapjuk a háromfázisú teljesítményt. Jelöljük az egyes fázisokban folyó áramok pillanatértékeit  $I_R$ -rel,  $I_S$ -sel és  $I_T$ -vel ill. az egyes fázisok feszültségének pillanatértékeit  $U_R$ -rel,  $U_S$ -sel és  $U_T$ -vel. A  $W_I$  wattmérő áramtekercsében  $I_R$  fázisáram folyik csillagkapcsolású fogyasztót tételezve fel, míg a wattmérő feszültségtekerce a  $U_R - U_S = U_V$  vonalfeszültségre van kapcsolva, tehát

$$N_{I.} = I_R(U_R - U_S).$$

A  $W_{II}$  wattmérő áramtekercsében ugyancsak  $I_T$  fázisáram folyik, feszültségtekerce pedig a  $U_T - U_S = U_V$  vonalfeszültségre van kapcsolva, tehát:

$$N_{II.} = I_T(U_T - U_S).$$

Ha a két wattmérő által jelzett teljesítményeket összeadjuk, akkor megkapjuk a fogyasztott háromfázisú teljesítmény nagyságát.

$$N = N_{I.} + N_{II.} = I_R(U_R - U_S) + I_T(U_T - U_S).$$

Bizonyítsuk be ezen állításunkat! A csillagpontra mint csomópontra felírható Kirchhoff I. törvénye:

$$I_R + I_S + I_T = 0.$$

Ebből

$$I_S = -I_R - I_T.$$

Írjuk fel a háromfázisú teljesítmény pillanatértékét a fázisáram és a fázisfeszültség pillanatértékeivel:

$$N = I_R * U_R + I_S * U_S + I_T * U_T.$$

Ebbe a kifejezésbe az  $I_S = -I_R - I_T$  értékét behelyettesítve:

$$N = I_R * U_R + U_S(-I_R - I_T) + I_T * U_T.$$

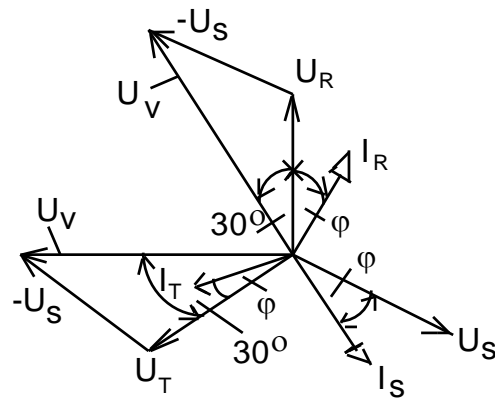
Ebből

$$N = (U_R - U_S) * I_R + (U_T - U_S) * I_T = N_{I.} + N_{II.}.$$

Tehát előbbi állításunkat igazoltuk. Ha ez a megállapítás a pillanatértékekre igaz, igaz a wattmérők által jelzett időbeli középértékekre is.

Ennél a kapcsolásnál előfordul, hogy - mindkét wattmérő helyes bekötésének ellenére - az egyik wattmérő negatív irányba tér ki. Ez akkor fordul elő, ha a fogyasztó fázisszöge  $60^\circ$ -nál nagyobb.

Ennek igazolására rajzoljuk fel az Áron kapcsolás vektorábráját (2.5. ábra). Az ábrából látható, hogy  $W_{I.}$ -es wattmérő áramtekercsén  $I_R$  fázisáram folyik, feszültségtekerce pedig vonalfeszültségre van kapcsolva, a  $W_{II.}$  wattmérő áramtekercsén ugyancsak fázisáram  $I_T$  folyik, feszültségtekerce pedig szintén  $U_T - U_S = U_V$  vonalfeszültségre van kapcsolva. A vektorábra csillagkapcsolású fogyasztóra vonatkozik, a levezetett összefüggések azonban deltakapcsolású fogyasztóra is érvényesek.



2.5. ábra. Áron-kapcsolás vektorábrája

Írjuk fel a vektorábra alapján a  $W_I$ -es és  $W_{II}$ -es wattmérők által mutatott teljesítményeket:

$$N_I = I_R U_V \cdot \cos(30^\circ + \varphi) \quad \text{és}$$

$$N_{II} = I_T \cdot U_V \cos(30^\circ - \varphi).$$

Nézzük meg, hogy szimmetrikus induktív jellegű fogyasztók esetében, különböző  $\varphi$  értékeknél milyen lesz az egyes wattmérők kitérése.

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| 1. $\varphi = 0^\circ$  | mindkét wattmérő kitérése egyenlő      |
| 2. $\varphi < 60^\circ$ | mindkét wattmérő kitérése pozitív      |
| 3. $\varphi = 60^\circ$ | $W_I$ -es wattmérő kitérése nulla      |
| 4. $\varphi > 60^\circ$ | $W_{II}$ -es wattmérő kitérése negatív |

A 4-es esetben a wattmérő feszültségtekercsének kapcsait fel kell cserélni, ekkor a wattmérő pozitív irányban fog kitérni, de a mutatott teljesítményt a  $W_{II}$  wattmérő által mutatott teljesítményből le kell vonni.

Tehát ha a  $\cos \varphi > 0,5$ , akkor a két wattmérő kitérését össze kell adni, ha  $\cos \varphi < 0,5$ , akkor ki kell vonni. Ha nem ismerjük a fázisszöget és a kapcsolásból nem tudjuk egyértelműen eldönteni, hogy a két wattmérő teljesítményét összeadjuk-e vagy kivonjuk, akkor a következőképpen járunk el. A  $W_I$ -es tehát kisebb kitérést mutató wattmérő feszültségtekercsének  $S$  fázishoz kapcsolt végét, felváltva a  $T$  ill. az  $S$  fázisokhoz kapcsoljuk. Ha mindkét kitérés azonos irányú, akkor  $\cos \varphi > 0,5$  a wattmérő kitérését pozitívnak kell venni és a két műszer által mutatott értéket össze kell adni. Ha a kitérés egyik esetben pozitív, a másik esetben negatív, akkor a két wattmérő által mutatott teljesítményt egymásból kivonjuk.

Ha a terhelés szimmetrikus, akkor a két wattmérő által jelzett teljesítményből a fogyasztó fázisszöge kiszámítható:

$$N_{II} + N_I = I_R U_V \cos(30^\circ + \varphi) + I_T U_V \cos(30^\circ - \varphi).$$

Ezt kifejtve

$$N_{II} + N_I = I_R U_V \cos 30^\circ \cdot \cos \varphi - I_R U_V \sin 30^\circ \cdot \sin \varphi + I_T U_V \cos 30^\circ \cdot \cos \varphi + I_T U_V \sin 30^\circ \cdot \sin \varphi$$

$$N_{II} + N_I = I_R U_V \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi - \frac{\sin \varphi}{2} \right) + I_T U_V \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi + \frac{\sin \varphi}{2} \right).$$

Mivel  $I_R = I_T = I_f = I_V$  (a fogyasztó csillagkapcsolású)

$$N_{II} + N_I = \sqrt{3} \cdot I_V \cdot U_V \cos \varphi$$

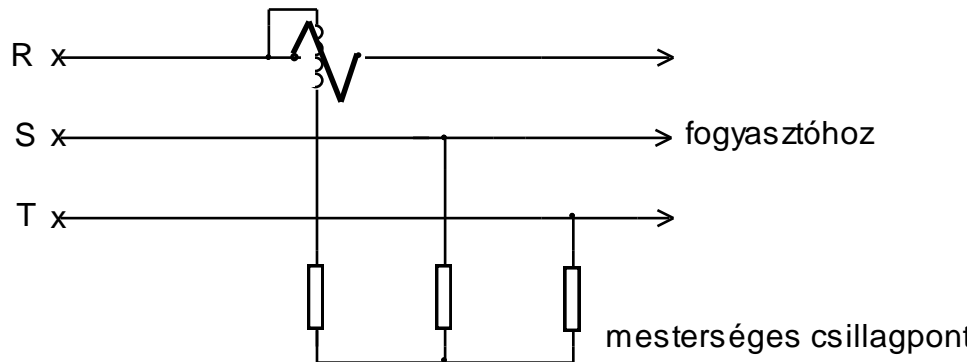
$$N_{II} - N_I = I_V \cdot U_V \sin \varphi$$

A két egyenlet egymással osztva:

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{3} \frac{N_{II} - N_I}{N_{II} + N_I}.$$

### 2.3.6. Teljesítménymérés háromvezetékes rendszerben egy wattmérővel:

Ezzel a módszerrel (2.6. ábra) csak szimmetrikus terhelés esetén mérhető a teljesítmény. A wattmérő által mutatott értéket hárommal szorozva megkapjuk a háromfázisú teljesítményt. A méréseket minden esetben ohmos (szimmetrikus és aszimmetrikus) valamint induktív jellegű (csak szimmetrikus) terhelés esetén végezzük el.



2.6. ábra. Teljesítmény mérése háromvezetékes rendszerben egy wattmérővel

### 2.4. A mérés menete

A mérési feladatnak megfelelően összeállítjuk a kapcsolást ügyelve arra, hogy a kapcsolótábla feszültségmentes állapotban legyen. A méréshez a 380/220 V-os hálózatot használjuk! A wattmérők áram- és feszültség méréshatárai megfelelően legyenek beállítva! Mindig győződjünk meg arról, hogy a wattmérők feszültségtekercsei vonali- vagy fázisfeszültségre kapcsolódnak-e! Soha nem szabad a wattmérő kitérését a feszültségtekercs alacsonyabb méréshatárba

állításával megnövelni! Ez a feszültségtekercs leégését és ezáltal a műszer tönkremenetelét okozza. A mérési összeállítást csak a mérésvezető helyezheti feszültség alá. A műszerek méréshatárának váltását csak feszültségmentes állapotban szabad elvégezni!

## 2.5. Mérési feladatok

- 2.5.1. Mérje meg a szimmetrikus terhelés (aszinkron motor) által felvett teljesítményt egy, két, három wattmérővel (a lehetséges módokon) nullavezetékes és nullavezeték nélküli rendszer esetében! Ellenőrizze a kapott eredményeket!
- 2.5.2. Mérje meg az időben állandó aszimmetrikus terhelés által felvett teljesítményt egy, két, három wattmérővel! Hasonlítsa össze a kapott eredményeket!

## 2.6. Ellenőrző kérdések

- 2.6.1. Mit nevezünk a váltakozó áram pillanatnyi teljesítményének? Milyen összetevői vannak?
- 2.6.2. Hogyan számítjuk a hatásos, a meddő és a látszólagos teljesítményt? Milyen kapcsolat van közöttük?
- 2.6.3. Mi a komplex teljesítmény? Hogyan kapjuk meg belőle a hatásos, a meddő és a látszólagos teljesítményeket?
- 2.6.4. Hogyan számítjuk ki a háromfázisú teljesítményt?
- 2.6.5. Hogyan működik az elektrodinamikus teljesítménymérő műszer?
- 2.6.6. Ismertesse a háromfázisú négyvezetékes rendszerben alkalmazható teljesítménymérési módszereket!
- 2.6.7. Ismertesse a háromvezetékes háromfázisú rendszerben alkalmazható teljesítménymérési módszereket!
- 2.6.8. Ismertesse az Áron-kapcsolás lényegét!

### 3. mérés:

#### Impedancia mérése volt-, amper- és wattmérővel

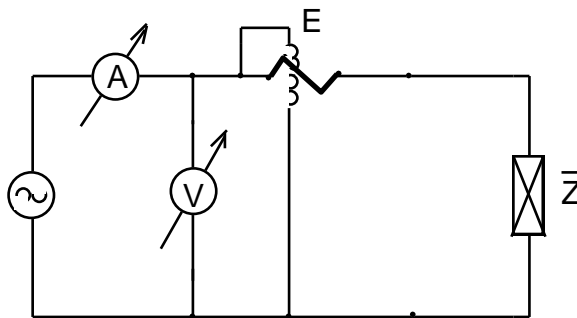
##### 3.1. A mérés célja

Tetszőleges kétpólusú hálózat komplex impedanciájának meghatározása.

##### 3.2. A méréshez szükséges eszközök

- 1 db feszültségmérő
- 1 db ampermérő
- 1 db wattmérő
- 4 db meghatározandó impedancia

##### 3.3. A méréshez szükséges elméleti alapok



3.1. ábra. Impedancia mérése volt-, amper- és wattmérővel

Egy tetszőleges kétpólusú komplex impedanciája és annak valós és képzetes összetevői valamint fázisszöge a 3.1. ábra alapján mérhető. A mért értékek: az impedancián átfolyó áram abszolút értéke  $I$ , az impedancián eső feszültség abszolút értéke  $U$  és az impedancia által felvett határos teljesítmény  $P$ .

E három adatból az impedancia abszolút értéke és fázisszöge az Ohm törvény és a határos teljesítmény összefüggéséből határozható meg:

$$Z = \frac{U}{I} \quad \text{és} \quad P = UI \cos \varphi,$$

amelyből

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI} \quad \text{vagy} \quad \varphi = \arccos \frac{P}{UI}.$$

A két adattal az impedancia exponális alakja:

$$\bar{Z} = Ze^{j\varphi} = R + jX.$$

Ohmos és reaktáns komponense:

$$R = Z \cos \varphi, \quad X = Z \sin \varphi.$$

A mérés pontosságát a műszerek pontossága szabja meg.

### 3.4. A mérés menete

Állítsa össze a mérést a 3.1. ábrának megfelelően a kapcsolótábla feszültségmentes állapotában! Ügyeljen a műszerek méréshatárának megválasztására! A wattmérő és a voltmérő feszültségméréshatárát a tápfeszültségnek megfelelően (110 V) állítsa be! Az árammérő és a wattmérő áramtekercsének méréshatárát a várható legnagyobb áram alapján válassza meg! A műszerek kis kitérése esetén az áramméréshatárok a kapcsolás feszültségmentesített állapotában kisebbre állíthatók. A mérési hiba akkor a legkisebb, ha a műszerek kitérése a skála harmadik harmadába esik.

### 3.5. Mérési feladatok

- 3.5.1. Mérje meg a mérésvezetőtől kapott impedanciák áramait, feszültségeit és hatásos teljesítményét!
- 3.5.2. Számítsa ki az impedanciák jellemző adatait és ábrázolja azok vektorábráit!
- 3.5.3. Számítsa ki a mérés hibáit!

### 3.6. Ellenőrző kérdések

- 3.6.1. Mit nevezünk komplex impedanciának és hogyan adható meg?
- 3.6.2. Rajzolja fel egy kapacitív jellegű impedancia vektorábráját!
- 3.6.3. Rajzolja fel egy induktív jellegű impedancia vektorábráját!
- 3.6.4. Mit nevezünk rezonanciajelenségnek egy adott impedancia esetében?
- 3.6.5. Hogyan működik a Deprez-műszer?
- 3.6.6. Hogyan működik a lágyvasas műszer?
- 3.6.7. Hogyan lehet a feszültségméréshatárt kiterjeszteni?
- 3.6.8. Hogyan lehet az árammérő méréshatárát kiterjeszteni?

4. mérés:

Egyfázisú fogyasztó teljesítménytényezőjének mérése és javítása

4.1. A mérés célja

Egyfázisú fogyasztó teljesítménytényezőjének meghatározása volt-, amper- és wattmérő segítségével és a felvett meddőteljesítmény kompenzálása kapacitás segítségével.

4.2. A méréshez szükséges eszközök

- 1 db feszültségmérő
- 1 db ampermérő
- 1 db wattmérő
- 1 db dekádkondenzátor
- 1 db egyfázisú elektromotor

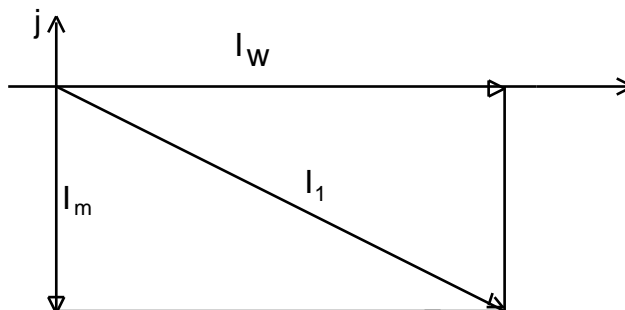
4.3. A méréshez szükséges elméleti alapok

A fogyasztók általában induktív jellegűek. Az általuk felvett teljesítmény tehát jelentős meddő komponenst tartalmaz. Ezen komponens hatására megnő a generátortól igényelt teljesítmény:

$$S' = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad S = P$$

$S$  a ténylegesen felhasznált hatásos teljesítmény,  
 $S'$  pedig a megnövekedett teljesítmény.

Ugyanakkor a fogyasztó által felvett  $I_1$  áram nagyobb mint a hatásos teljesítményt szállító  $I_w$  áram (4.1. ábra).



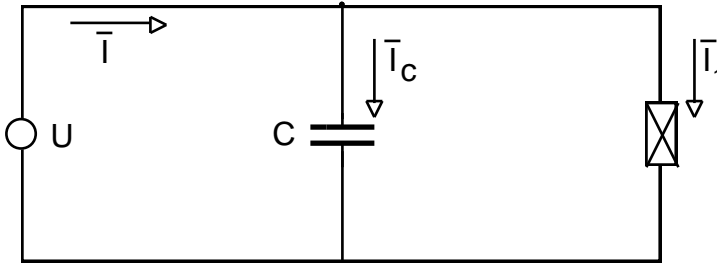
4.1. ábra. A meddőáramot fogyasztó motor árama

Ennek következtében megnő a veszteségi teljesítmény a fogyasztót a generátorral összekötő vezetéken:



$$P_V = I_1^2 R_V \gg I_W^2 R_V.$$

A generátor (transzformátor) közötti lengő teljesítmény megszüntetésének egyik módja a kondenzátoros teljesítménytényező javítás (4.2. ábra).



4.2. ábra. Teljesítménytényező javítása kondenzátorral

Ezt úgy hajtjuk végre, hogy a  $\bar{Z}$  fogyasztóval párhuzamosan kapcsolunk egy megfelelő értékű  $C$  kapacitású kondenzátort. A 4.2. ábra szerinti áramokra a csomóponti törvényt alkalmazva:

$$\bar{I} = \bar{I}_C + \bar{I}_1.$$

Az  $U$  hálózati feszültséget tekintve valósnak  $\bar{I}_1 = \frac{U}{Z}$  a fogyasztó által felvett áram és

$$\bar{I}_C = \frac{U}{\frac{1}{j\omega C}} = jU\omega C \quad \text{pedig a kondenzátor árama.}$$

Az áramokat vektorábrában (4.3. ábra) feltüntetve  $\bar{I}$  értéke akkor lesz valós, tehát a generátortól felvett teljesítmény

$$\bar{S} = U\bar{I}^* = UI + j0,$$

akkor tiszta hatásos teljesítmény, ha a hálózatból felvett áram

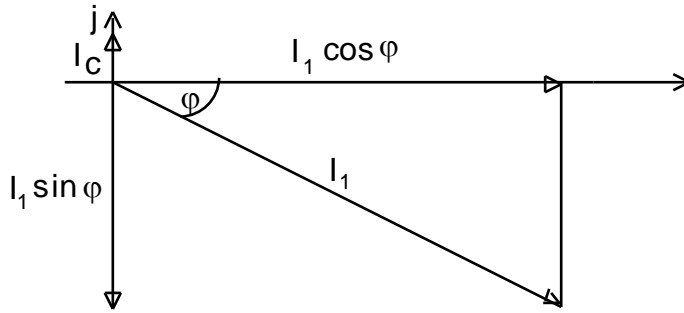
$$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_C = I_1 \cos \varphi - jI_1 \sin \varphi + jU\omega C$$

képzetes része nulla. Tehát:

$$I_1 \sin \varphi = U\omega C.$$

Ebből:

$$C = \frac{I_1 \sin \varphi}{U\omega}.$$



4.3. ábra. A 4.2. ábra szerinti kapcsolat vektorábrája

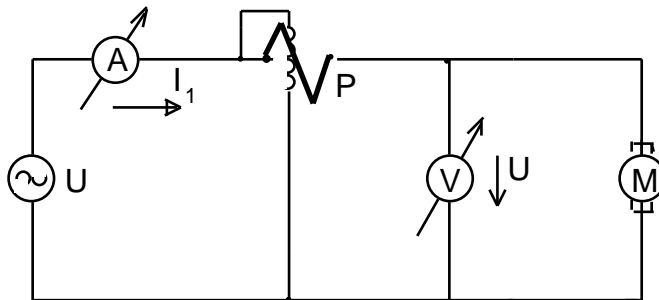
A megfelelő értékű kondenzátor meghatározásához tehát ismerni kell a fogyasztó által  $U$  feszültségű hálózatról felvett  $I_1$  áram effektív értékét és a  $\sin \varphi$  értékét. A szükséges adatokat a 4.4. ábra alapján mérés segítségével határozzuk meg. A feszültségmérő az  $U$  feszültséget, az ampermérő az  $I_1$  értéket méri, a wattmérő által mért hatásos teljesítmény pedig

$$P = UI_1 \cos \varphi,$$

amiből:

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI_1} \quad \text{és} \quad \sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}.$$

Az értékeket a kapacitást kifejező összefüggésbe helyettesítve kapjuk a megfelelő teljesítménytényező javító kondenzátor értékét.



4.4. ábra. Egyfázisú fogyasztó (motor) teljesítménytényezőjének mérése

#### 4.4. A mérés menete

A kapcsolótábla feszültségmentes állapotában a 4.4. ábrának megfelelően összeállítjuk a mérést. A tápfeszültség 110 V, 50 Hz. A mért értékekből kiszámítjuk a motor teljesítménytényezőjét. A mérésvezető által megadott teljesítmény-tényezőhöz meghatározzuk a kompenzáló kapacitás értékét. Méréssel ellenőrizzük a számított kondenzátor értékét! Ehhez egy dekád-kondenzátort kapcsolunk párhuzamosan a motorral. Ennek értékét nulláról fokozatosan addig növeljük, amíg az árammérő

minimumot nem mutat. Ekkor leolvassuk a kondenzátordekádról a kapacitásértéket és összehasonlítjuk a számított értékkel. Az esetleges eltérés okára adjunk magyarázatot!

#### 4.5. Mérési feladatok

- 4.5.1. Mérje meg az egyfázisú motor teljesítménytényezőjét!
- 4.5.2. A mért adatokból és a mérésvezető által megadott teljesítménytényezőből számítással határozza meg a szükséges kompenzáló kapacitás nagyságát!
- 4.5.3. Kapcsolja párhuzamosan a kompenzáló kapacitást a motorral és méréssel ellenőrizze az új teljesítménytényezőt!

#### 4.6. Ellenőrző kérdések

- 4.6.1. Hogyan definiáljuk a meddőteljesítményt?
- 4.6.2. Mit nevezünk teljesítménytényezőnek?
- 4.6.3. Miért szükséges a meddőteljesítmény kompenzálása az ipari üzemekben?
- 4.6.4. Milyen módszereket ismer a meddőteljesítmény kompenzálására?
- 4.6.5. Ismertesse a kondenzátorral történő meddőteljesítmény kompenzálást!