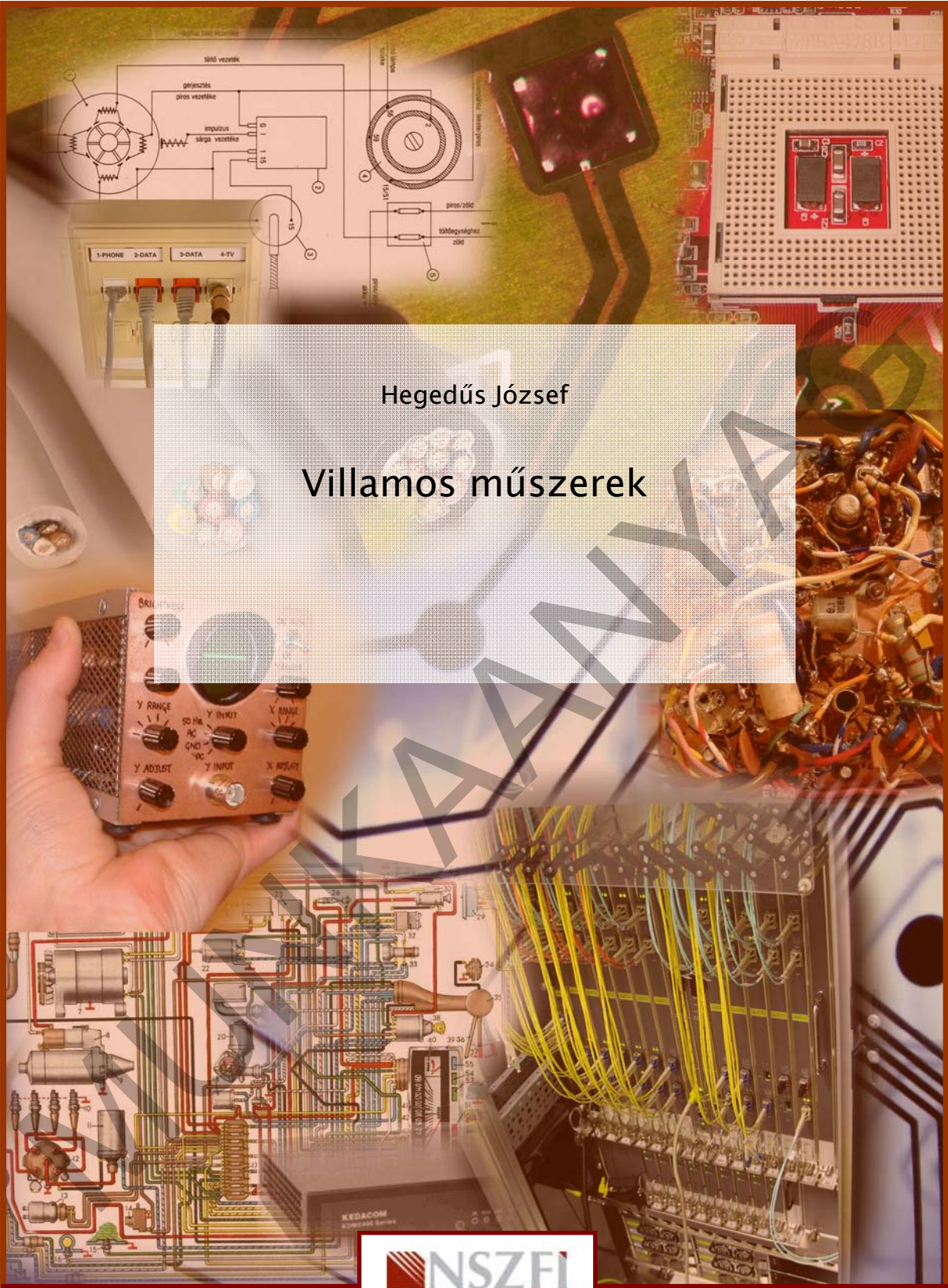




Hegedűs József

Villamos műszerek

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Villamos készülékeket szerel, javít, üzemeltet

A követelménymodul száma: 1398-06 A tartalomazonosító száma és célcsoportja: SzT-002-30

VILLAMOS JELEK ÉS JELLEMZŐIK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön új munkahelyen kezdett dolgozni. Munkatársaival első közös feladatuk az, hogy teljesítményméréssel határozzák meg az adott fűtőberendezésben a fűtőelemek teljesítményét. Közvetlen főnöke arra kéri, hogy mondja el neki, milyen szempontok alapján választ műszereket a méréshez?

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

Az esetfelvetésekben olyan munkahelyzettel találkozunk, amely a villamos műszerek alapos ismeretét feltételezi. A feladat azonban ezen jóval túlmutat. A szakembernek ismernie kell a villamos jeleket, azok jellemzőit, valamint a méréstechnikában és mérési módszerekben is jártasnak kell lennie. Megérti a szakmai kifejezéseket, azok alapján képes a munkáját önállóan, hiba nélkül végezni.

A villamos műszerek használata feszültség alatti munka, ahol nincs helye a bizonytalanságnak.

A jól végzett villamos mérésnek három alapfeltétele van. Ismerni kell a:

1. Villamos jeleket és azok jellemzőit
2. Villamos műszereket
3. Villamos mérési módszereket (nem tárgyaljuk)

Természetesen ebben a rövid jegyzetben nem térhetünk ki a legapróbb részletekre is. Azokról a tantárgyához választott szakkönyvben, interneten tájékozódhat. A fogalmazásnál a közérthetőségre törekedtünk, a fogalmak magyarázatához használt hasonlatokhoz a környezetünkben előforduló, közismert jelenségeket használtuk.

Az első feladat annak meghatározása, hogy mit kell mérnünk. Más mérőeszközt, műszert használunk az ember tömegének, magasságának, hajszínének, alkoholszintjének, szív működésének, stb. meghatározásához. A villamos mérésnél is ismerni kell a mérendő jel jellemzőit.

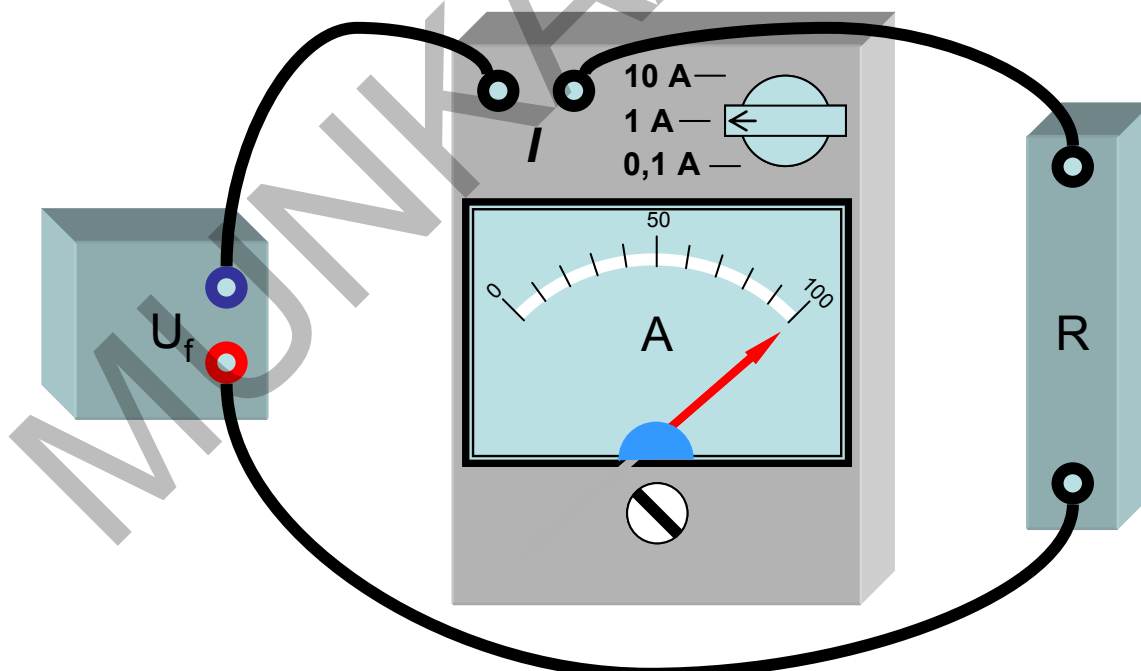
1. A villamos jelek és jellemzőik

a. A villamos jel

A villamos jel az információ hordozója. Egy jelenségről, fizikai folyamatról információkat kell gyűjtenünk, hogy azokat megértsük, tájékozódhassunk róluk, beavatkozhatunk. A víz is információhordozó. A folyók vízállását meghatározhatjuk, ha megmérjük a mederben lévő víz magasságát. A Balatonban való fürdőzés előtt a víz hőmérséklete a számunkra fontos információ. A vízállás és a hőmérséklet különböző információk, de ebben az esetben mindkettőt a víz, mint információhordozó segítségével határozhatjuk meg.

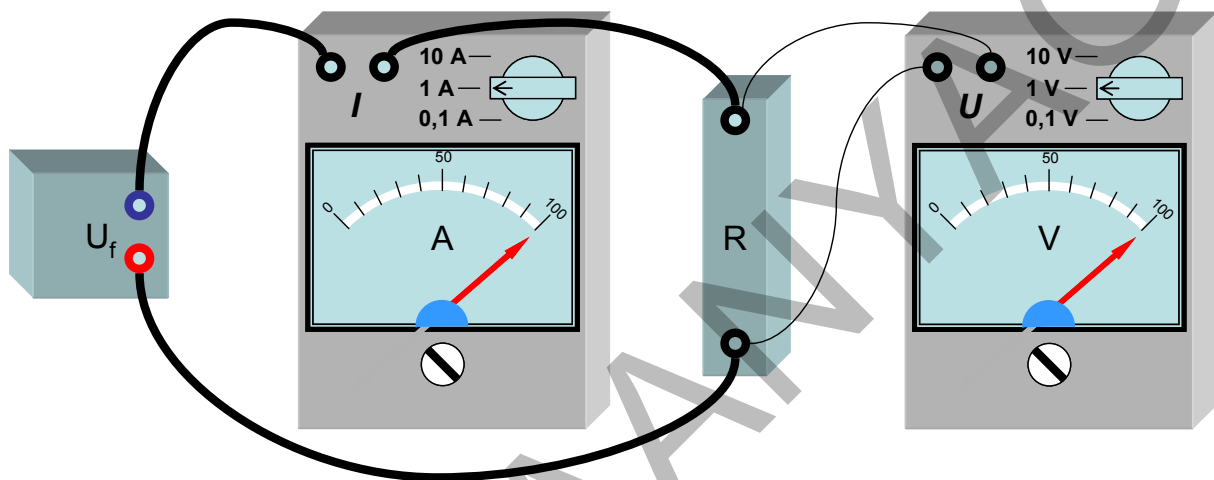
Így van ez a villamos mérésnél is. Az *Információ, amelyet a mérés során határozunk meg*, lehet a frekvencia értéke, a villamos teljesítmény, az elhasznált villamos energia nagysága, az áram erőssége stb. De vajon mi hordozza, mi szállítja ezeket az információkat? A villamos töltések, amelyek két formában képeznek villamos jelet: mozgásukkal (villamos áram) és "darabszámukkal" (villamos feszültség)

A villamos áram ez egységnyi idő alatt átáramló töltésmennyiség. Mértékegysége az **amper (A)**. Egy vezeték árama akkor 1 A, ha rajta egy másodperc alatt kb. $6,28 \cdot 10^{18}$ elektron halad át. Hasonlattal élve a jelenség olyan, mint a csőben mozgó folyadékcseppeké, ezért is kapcsolja a szakma a folyik ígét az áramhoz. Ebből következően: egy fogyasztó "áramát" úgy érzékelhetjük, hogy a töltéshordozókat átvezetjük a mérőeszközön. Az áramerősség mérésére használt műszert, az **ampermérőt**, sorosan kell az áramkörbe kapcsolni.



1. ábra. Villamos áram mérése

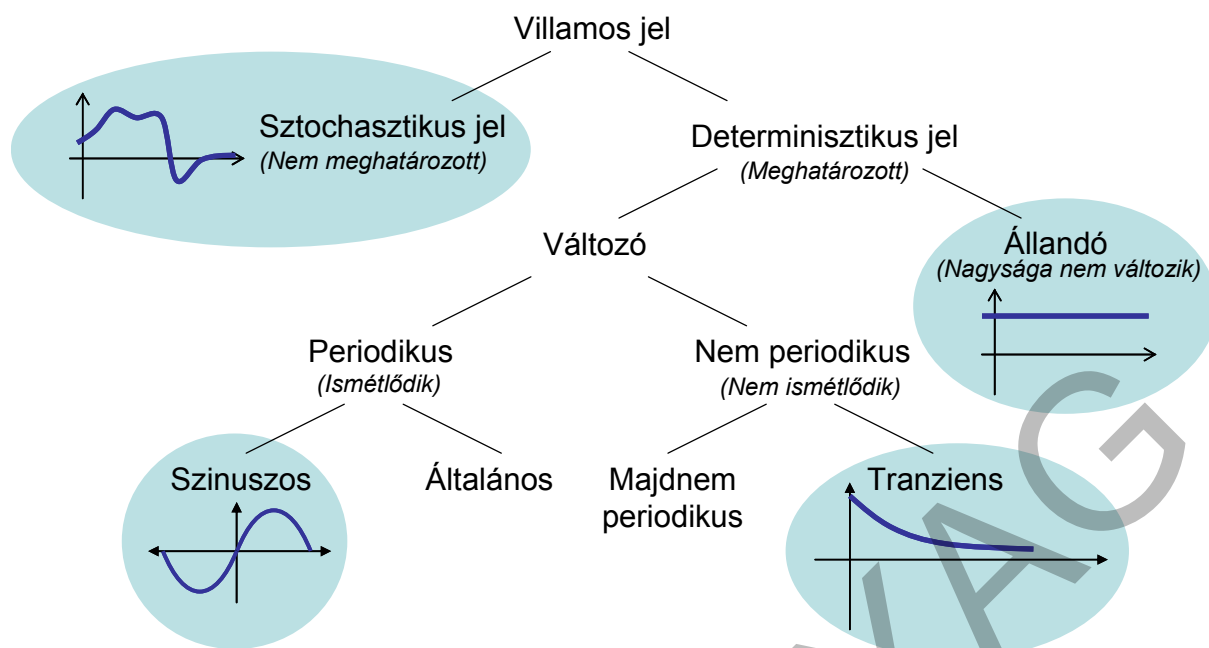
A villamos feszültség két különböző potenciálú hely közötti különbség, vagy más definícióval a töltéseket mozgató erő. Mértékegysége a **volt (V)**. Ha 1 V feszültséget kapcsolunk 1 Ω értékű ellenállás kapcsaira, akkor azon 1 A áram folyik keresztül. A gépész szakma itt is hasonlattal élt: egy cső egyik végét alacsonyabbra helyezve a csőben lévő víz arra fog folyni, a víznek "esése" lesz. Minél nagyobb a cső két végének helyzet-különbsége, annál gyorsabban folyik benne a víz. A cső két vége és az ellenállás két vége közötti hasonlat alapján a ragasztotta a szakma a feszültséghez az "esés" igét. *A feszültség mérésére használt műszert, a voltmérőt, az ellenállás két kapcsa közé, azzal párhuzamosan kell csatlakoztatni.*



2. ábra. Villamos áram és feszültség mérése

És bármilyen meglepő, itt a sor vége. Ismerünk ugyan még nagyon sok villamos mennyiséget: teljesítmény, ellenállás, munka, stb., de ezek nem nyilvánulnak meg egyetlen villamos jelben, hanem az előbb megismert két jel – az áram és a feszültség – valamilyen kapcsolatából határozhatók meg. A teljesítmény pl. lehet a feszültség és az áram szorzata, vagy az ellenállás a kettő hányadosa.

A feszültség vagy áram, mint információhordozó nagyrészt azonos jellemzőkkel rendelkezik. A jellemzők egyszerű fogalmak, könnyen megérthetők, ha "látjuk" magát a jelet. Itt nem a villamos jelenségek látható kísérőire az ívkisülésre, a villámra gondolunk, hanem arra, hogy milyen a **jel formája**, hogyan néz ki lerajzolva. Egy formához, alakhoz ugyanis sok paraméter kapcsolható: a magassága, az ismétlődési ideje, az átlagértéke stb. *A villamos jelet láthatóvá tehetjük*, ha értékét minden időpillanatban meghatározzuk, és ábrázoljuk, vagyis *megadjuk az időfüggvényét*. A jelek azonban sokfélék. Csoportosítjuk őket, hogy eligazodjunk közöttük:

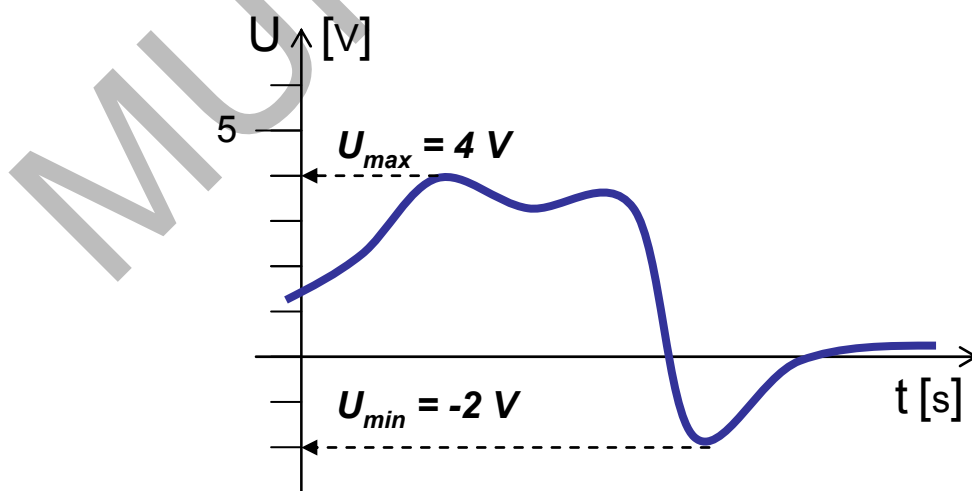


3. ábra. Villamos jelek csoportosítása

b. A villamos jelek jellemzői

A jelformához rendelt ismertető jegyeket nevezzük jellemzőknek.

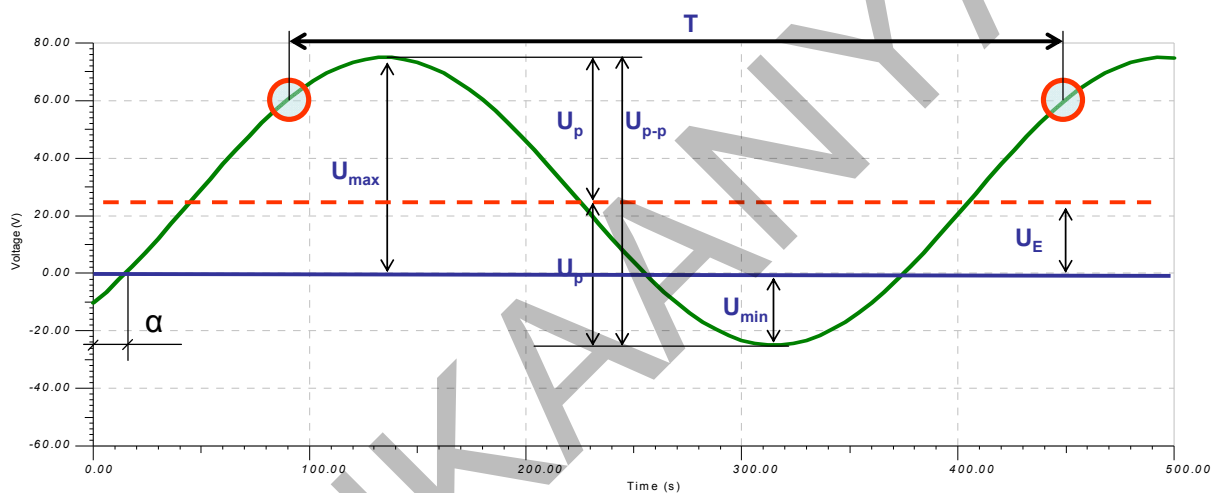
A 4. ábrán látható **sztochasztikus jel** nagysága a vizsgált időszakban folyamatosan változik. Nem ismert, hogy korábban, vagy később milyen a formája. Két jellemzőt tudunk meghatározni, de csak az ábrázolt szakaszra érvényesek: a jel **legnagyobb és legkisebb értékét**.



4. ábra. Általános villamos jel

Az **állandó értékű jel** (feszültség vagy áram) nagysága nem változik. A legegyszerűbb jel, csupán egyetlen jellemzővel megadható: polaritástól függően a legnagyobb, vagy legkisebb értékkel. Ez persze nem azt jelenti, hogy nincs más jellemzője. A későbbiekben ismertetjük a csúcserő, effektív érték, egyszerű középérték, amplitúdó stb. villamos jellemzőket, melyekkel ugyancsak jellemezhető. A természetben ilyen jel szinte nincs, de közelítőleg ilyennek vehetjük pl. a gépkocsi akkumulátor, vagy a stabilizált tápegységek feszültségét.

Szinte valamennyi villamos jellemzővel rendelkezik az 5. ábrán látható összetett jel, amely egy *determinisztikus* → *változó* (sőt *váltakozó!*) → *periodikus* → **szinuszos jel** és egy *determinisztikus* → **állandó jel** összege. A jelformáról leolvasható jellemzőit a 6. ábra mutatja. További jellemzői a villamos jeleknek számításal határozhatók meg, melyekből a 7. ábra mutat néhányat.



5. ábra. Összetett villamos jel időfüggvénye

$U_{\max}$	Legnagyobb érték:	A jel legmagasabb potenciálú pontja	$(U_{\max} = 75 \text{ V})$
$U_{\min}$	Legkisebb érték:	A jel legalacsonyabb potenciálú pontja	$(U_{\min} = -25 \text{ V})$
U_{p-p}	Csúcstól-csúcsig:	A jel szélsőértékeinek különbsége	$(U_{p-p} = 100 \text{ V})$
U_p / U_{cs}	Csúcserő (csúcs = peak)	A jel váltakozóáramú összetevőjének amplitúdója	$(U_p = 50 \text{ V})$
U_E	Középérték:	A jel egyenáramú összetevője	$(U_E = 25 \text{ V})$
α	Fázisszög	A $t=0$ időhöz tartozó szög	$(\alpha = -45^\circ)$
T	Periódusidő	Két azonos helyzetű pont időbeni távolsága	$(T = 365 \text{ s})$
		<i>Egy teljes hullám lezajlásának ideje</i>	

6. ábra. Az 5. ábra villamos jelének leolvasható jellemzői

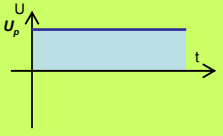
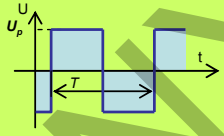
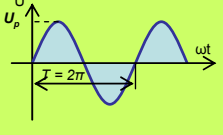
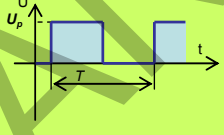
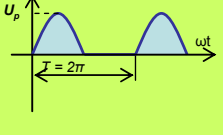
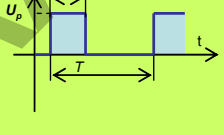
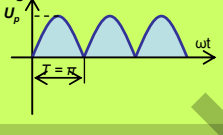
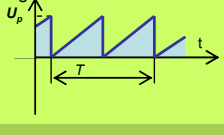
f	Frekvencia	1 s alatt lezajló hullámok száma (átlagérték)	$(f = 0,02739 \text{ s})$
		<i>A periódusidő reciproka $f = 1/T$ (pillanatérték)</i>	
ω	Körfrekvencia (szögsebesség)	1 s alatti körív hossz	$(\omega = 1,3695)$
		$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$	

7. ábra. Az 5. ábra villamos jelének számított jellemzői

A felsorolt jellemzők **ábrázoló műszerekkel** (pl. oszcilloszkóppal) könnyen meghatározhatók. Léteznek már hordozható kivitelben is, de drágák és kényesek. A villamos szakemberek ún. **kézi műszereivel** viszont csak néhány határozható meg közülük (pl. U_E , f). Ezek a műszerek a jelek középvértékeit mérik. Középvérték alatt a jel valamilyen módon meghatározott átlagértékét értjük. Három félét használunk:

1. U_{ek} **egyszerű középvérték:** A jel egy periódusra vett átlaga.
2. U_{ak} **abszolút középvérték:** A jel abszolút értékének egy periódusra vett átlaga.
3. U_{eff} **négyzetes középvérték:** A jel négyzetének átlagolása után vett gyöke. (effektív érték)

A 8. ábra táblázata segít a leggyakoribb jelformák középvértékeinek meghatározásában.

jelalak	U_{ek}	U_{ak}	U_{eff}	jelalak	U_{ek}	U_{ak}	U_{eff}
	U_p	U_p	U_p		0	U_p	U_p
	0	$\frac{2 \cdot U_p}{\pi}$	$\frac{U_p}{\sqrt{2}}$		$\frac{U_p}{2}$	$\frac{U_p}{2}$	$\frac{U_p}{\sqrt{2}}$
	$\frac{1 \cdot U_p}{\pi}$	$\frac{1 \cdot U_p}{\pi}$	$\frac{U_p}{2}$		$\frac{U_p \cdot t}{T}$	$\frac{U_p \cdot t}{T}$	$\sqrt{\frac{U_p^2 \cdot t}{T}}$
	$\frac{2 \cdot U_p}{\pi}$	$\frac{2 \cdot U_p}{\pi}$	$\frac{U_p}{\sqrt{2}}$		$\frac{U_p}{2}$	$\frac{U_p}{2}$	$\frac{U_p}{\sqrt{3}}$

8. ábra. Gyakori jelek középvértékei

Összefoglalás

A méréshez megfelelő villamos műszer kiválasztása a mérendő jel ismeretében végezhető. A két fő szempont a mérendő jel formája, és a mérni kívánt jellemzője.

Összefoglalásként válasz a felvetett esetre

Az esetfelvetésben teljesítménymérést kell végezni. Ehhez két fajta jelet kell használni, feszültség és áramjelet. A szövegből arra lehet következtetni, hogy a mérendő jelek formája szinuszos. Műszerválasztást azonban még nem végezhetünk, mert még nem ismerjük a villamos műszereket.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Tanulmányozza az elektrotechnika tankönyv "A villamos tér és a feszültség" valamint "Az áramerősség és a mágneses kölcsönhatás" témájú fejezeteit. Figyelje meg és hasonlítsa össze a két részben a töltések mozgási állapotát!

Lépjen fel a <http://hu.wikipedia.org> honlapra, keresse az "Elektromos áram" kifejezést, és az ott olvasottakat vesse össze a jegyzetben olvasottakkal!

Lépjen fel a <http://hu.wikipedia.org> honlapra, keresse az "Elektromos feszültség" kifejezést! Figyelmesen tanulmányozza az "Átszámítások váltakozó áram esetén" és a "Mérőeszközök" című fejezeteket!

Gondolja végig a töltéssel rendelkező részecskének a villamos árammal, a villamos feszültséggel, a mágneses térrel és a villamos térrel való kapcsolatát!

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Rajzolja le a felsorolt villamos energiát szolgáltató berendezések jelformáit!

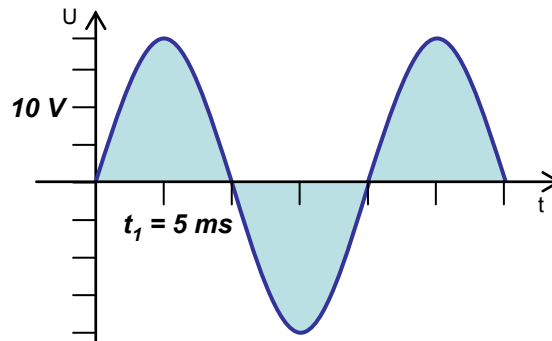
Akkumulátor:

"Konnektor":

Fűrészel-generátor:

2. feladat

Jelölje be és határozza meg a 9. és 10. ábra villamos jeleinek felsorolt jellemzőit!



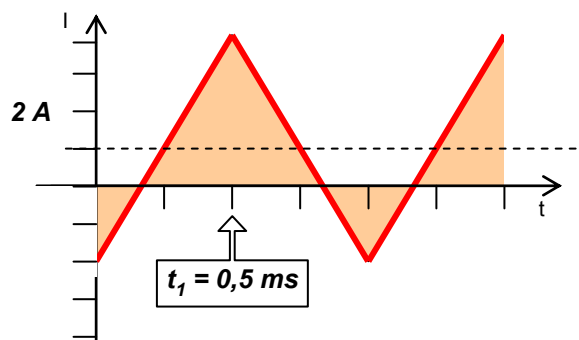
9. ábra.

$$U_p =$$

$$U_{pp} =$$

$$T =$$

$$f =$$



10. ábra.

$$I_{\max} =$$

$$I_{\min} =$$

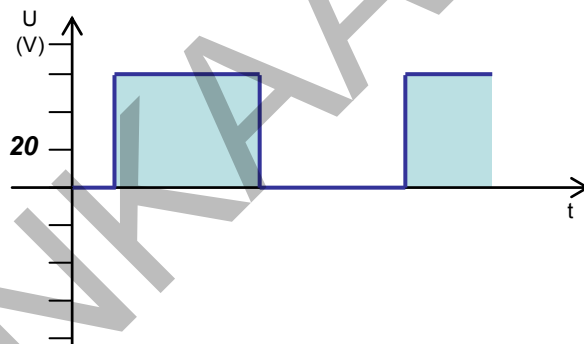
$$I_{pp} =$$

$$I_p =$$

$$I_E =$$

3. feladat

Számítsa ki az ábrázolt villamos jelek középértékeit! Ügyeljen a mértékegységekre!

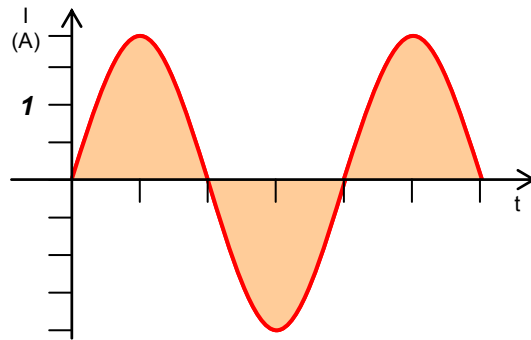


11. ábra.

$$U_{ek} =$$

$$U_{ak} =$$

$$U_{eff} =$$



12. ábra.

$$U_{ek} =$$

$$U_{ak} =$$

$$U_{eff} =$$

MEGOLDÁSOK

A címelem tartalma és formátuma nem módosítható.

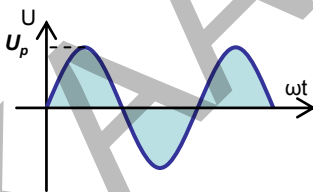
1. feladat

Akkumulátor:



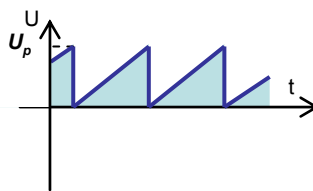
13. ábra.

"Konnektor":



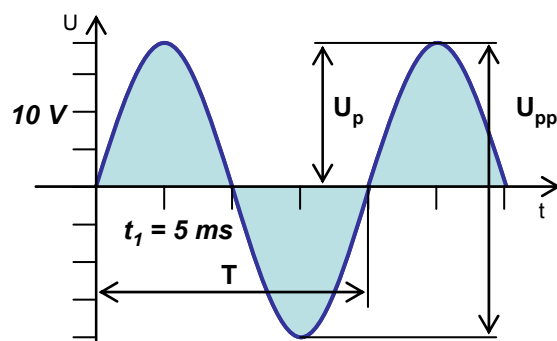
14. ábra.

Fűrészel-generátor:



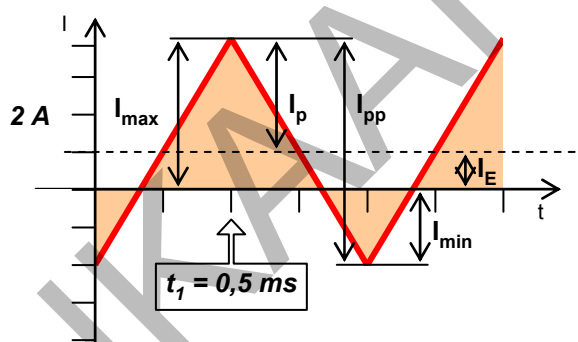
15. ábra.

2. feladat



16. ábra.

- $U_p = 20 \text{ V}$
- $U_{pp} = 40 \text{ V}$
- $T = 20 \text{ ms}$
- $f = 1/T = 1/0,02 = 50 \text{ Hz}$



17. ábra.

- $I_{\max} = 4 \text{ A}$
- $I_{\min} = -2 \text{ A}$
- $I_{pp} = I_{\max} - I_{\min} = 4 - (-2) = 6 \text{ A}$
- $I_p = I_{pp}/2 = 6/2 = 3 \text{ A}$
- $I_E = I_{\max} - I_p = 4 - 3 = 1 \text{ A}$ vagy
- $I_E = I_{\min} + I_p = -2 + 3 = 1 \text{ A}$

3. feladat

A 11. ábra jelének középértékei:

$$U_{ek} = \frac{U_p}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ V}$$

$$U_{ak} = \frac{U_p}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ V}$$

$$U_{eff} = \frac{U_p}{\sqrt{2}} = \frac{60}{\sqrt{2}} = 42,43 \text{ V}$$

A 12. ábra jelének középértékei:

$$I_{ek} = 0 \text{ V}$$

$$I_{ak} = \frac{2 \cdot I_p}{\pi} = \frac{2 \cdot 2}{\pi} = 1,27 \text{ A}$$

$$I_{ak} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} = 1,414 \text{ A}$$

VILLAMOS MŰSZEREK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön meggyőzte főnökét arról, hogy ismeri a villamos jelek jellemzőit. Munkatársai önre bízzák a teljesítménymérés műszereinek kiválasztását.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A villamos műszer az az eszköz, amellyel a villamos jel valamelyik jellemzője meghatározható. Egyes műszerek több villamos jelet is fogadhatnak (ilyen a teljesítménymérő is), így alkalmasak a velük képzett mennyiségek meghatározására is.

A villamos műszerek több szempont szerint csoportosíthatók:

1. A működési elv szerint.
2. A mérendő mennyiség szerint.
3. A pontosságuk szerint.
4. A kivitelük szerint.
5. A használati helyzetük szerint.

További szempontok is léteznek, ezekről más szakkönyvekben, interneten stb. tájékozódhat. A műszerek ismertetését a működési elv szerinti felosztással, az egyes műszerek működésének megismerésével kezdjük, és összefoglaljuk jellemzőiket. Utána sorra vesszük a további csoportosítási szempontot és megvizsgáljuk, hogy a már megismert műszerek, melyik csoportba tartoznak. A részletes ismertetés előtt néhány, a műszerekhez kapcsolódó méréstechnikai fogalmat kell megismerni.

Skálaterjedelem (St)

A műszer skálájának első és utolsó főosztása közötti tartománya. A gyakorlatban az első főosztás a mutató alaphelyzete (jel nélküli állapot) a skála "0" jelzése, ezért csak az utolsó főosztást értjük alatta.

Méréshatár (Mh)

A mérendő mennyiség azon értéke, amely a műszer mutatóját az utolsó skálaosztásig (főosztás!) téríti ki. A műszerek méréshatárát a skálalapon, vagy a méréshatár-választó kapcsolónál tüntetik fel. A mérésekhez használt műszerek lehetnek egy vagy több méréshatárúak. Több méréshatárú amper- és voltmérő látható a 2. ábrán.

Műszerállandó (C)

A skála egy foknyi (egységnyi) kitéréséhez tartozó villamos mennyiség. Ezt a mérendő jel okozta kitéréssel (α) megszorozva kapjuk a mért értéket. A méréshatár és a skálaterjedelem alapján számolható: A mérés során célszerű a jegyzőkönyvben rögzíteni.

$$C = \frac{Mh}{St}$$

Érzékenység (E)

A műszerállandóval ellentétes fogalom: az egységnyi jel okozta kitérés. Két műszer közül az érzékenyebb ugyanakkor jel esetén jobban kitér. Számítása:

$$E = \frac{1}{C} = \frac{St}{Mh}$$

Mérés

A mérés nap mint nap végzett tevékenység. Mérjük az időt, az autónk sebességét, a megtett távolságot, az új bútor hosszát, stb. Automatikus cselekvések: rápillantunk az órára, a műszerfalra, vesszük a szalagmérceket és máris megvan az eredmény.

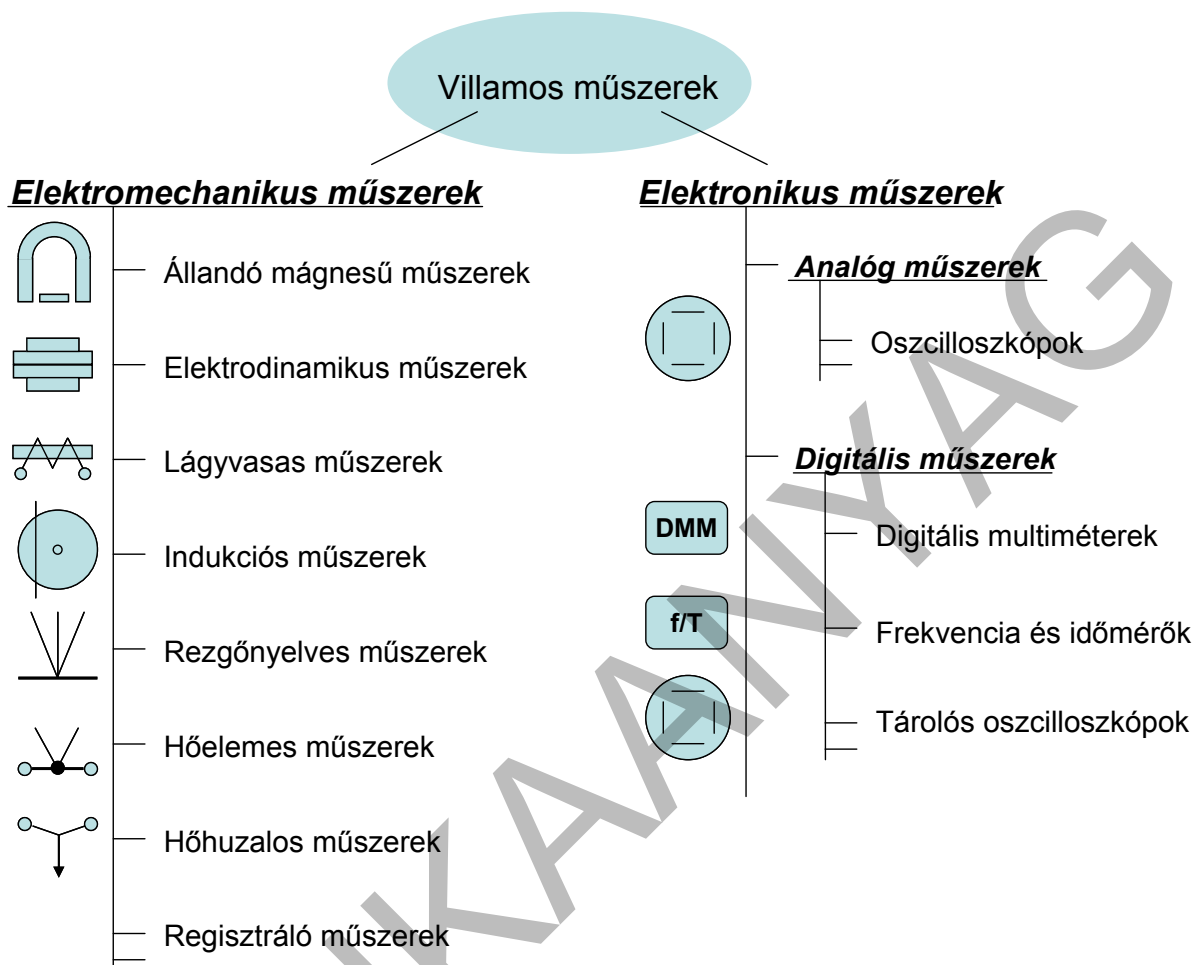
Villamos mérés.

A villamos szakembernek nap, mint nap végzett tevékenysége. Méri a feszültség nagyságát, az áramerősséget, a periódusidőt, a fázisszöveget, vagy az esetfelvetésben szereplő teljesítményt. Automatikus cselekvés: vesszük a ...Mit veszünk? Miért vesszük? Ebben a részben erre derítünk fényt!

A mérés az cselekvés, amelynek során meghatározunk egy fizikai mennyiséget. Eredményül két adatot kapunk, a mennyiség mérőszámát és mértékegységét. A szekrény esetén pl. a hosszúság: $l = 78 \text{ cm}$, ahol a **78** a mérőszám, a **cm** pedig a mértékegység. A méréshez mérőeszköz, más néven műszer kell. Szalagmérce a hosszúság méréséhez, óra az idő méréséhez stb. Helyes eredményre akkor számíthatunk, ha a megfelelő fizikai mennyiség mérésére a megfelelő mérőeszközt választottuk! A villamos mérések is csak akkor vezetnek helyes eredményhez, ha tájékozódunk a mérendő villamos jellemzőről, és annak alapján választjuk ki a megfelelő mérőműszert és az alkalmas mérési módszert.

A VILLAMOS MŰSZEREK MŰKÖDÉSE.

Az alábbi ábra mutatja a villamos műszerek működési elv szerinti felosztását.

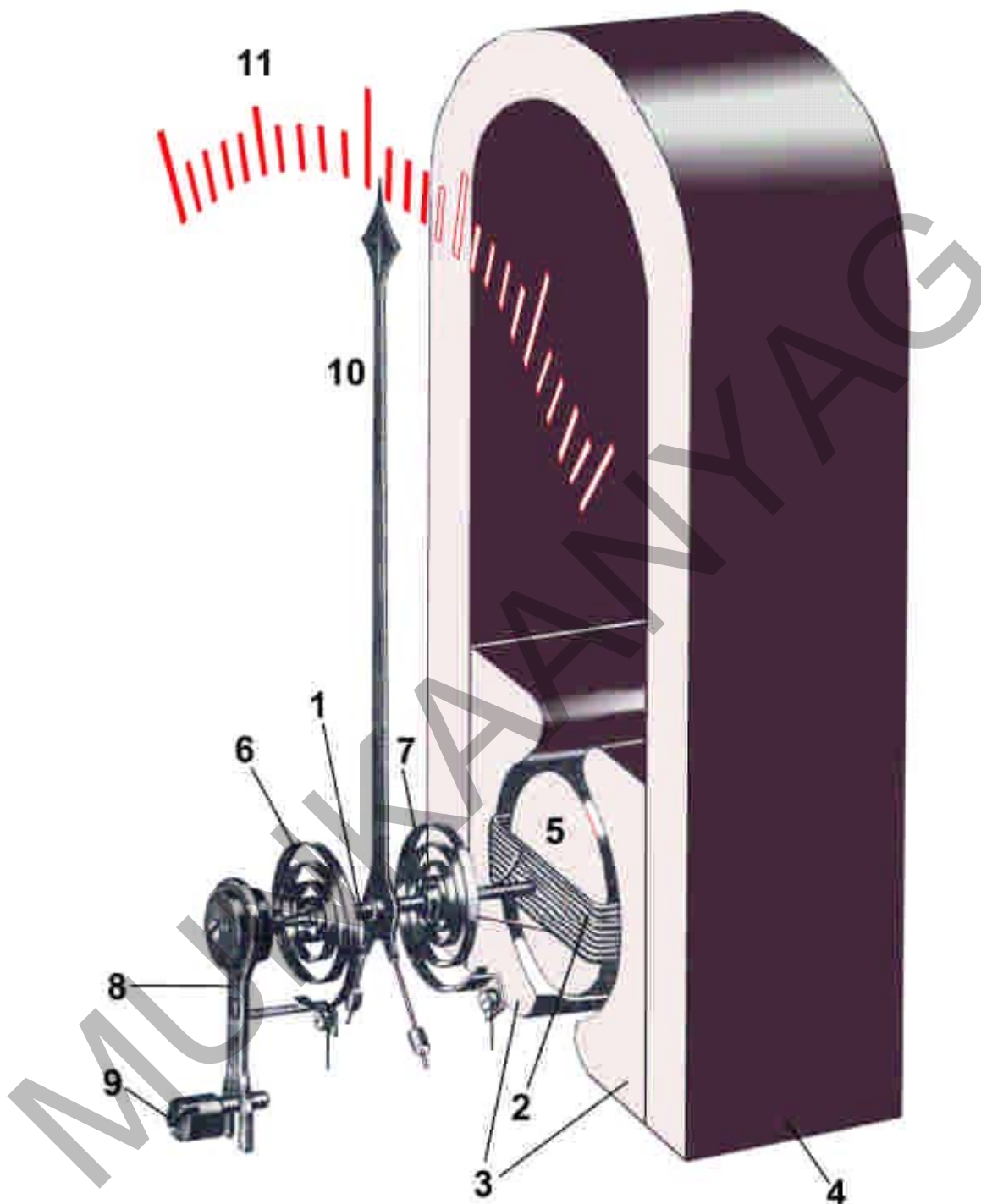


18. ábra. Működési elv szerinti felosztás

1. Elektromechanikus műszerek

- **Elektromossággal működő mechanikus** szerkezetek. A villamos műszerek közül azokat, amelyek működése nyomatékok összehasonlításán alapszik nevezzük elektromechanikus műszereknek. A mutatót kitérítő nyomatékot (M_k) a mérendő villamos jel, a visszatérítő nyomatékot (M_v) általában rugó hozza létre. A mutató akkor "áll meg" amikor a két nyomaték azonos. $M_k = M_v$

a. Állandó mágnesű műszerek



19. ábra. Állandó mágnesű műszer¹

Nevezik *Deprez* vagy *lengőtekerces* műszernek is.

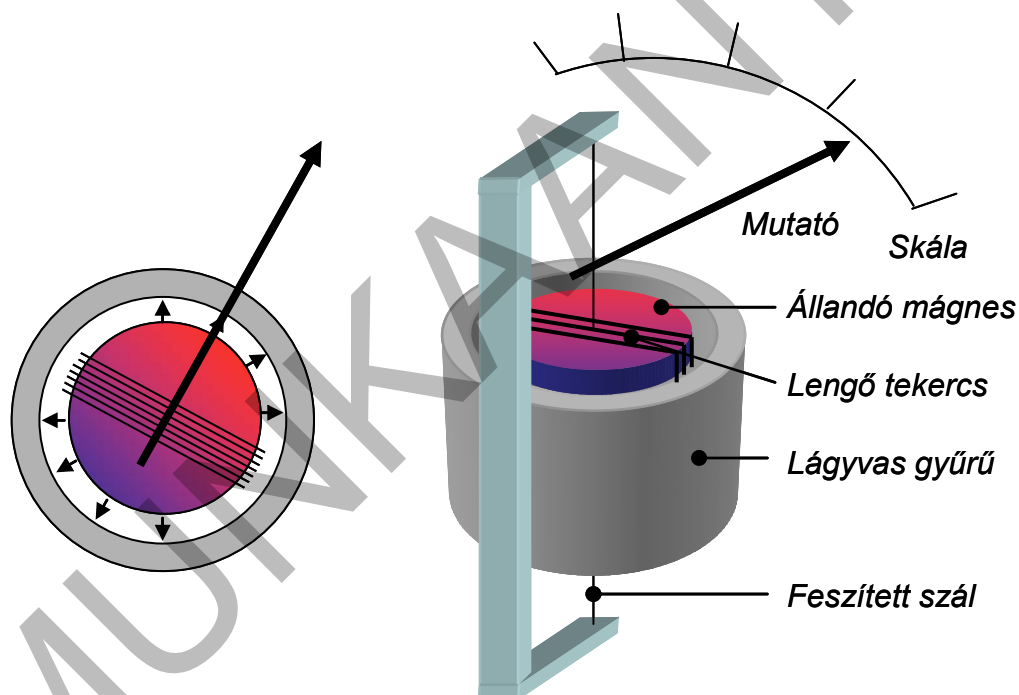
¹ Dombovári Mátyás: Villamos mérések alapjai

Egy állandó mágnes és egy elektromágnes között fellépő erőhatáson alapszik.

Az állandó mágnes(4) az **állórész**, ennek pólusai közé helyezett, finoman csapágyazott tengelyre szerelt elektromágnes(2) a **lengőrész**. A mérendő villamos jelet az elektromágnes tekercsére vezetik, ezáltal körülötte a jel nagyságával arányos mágneses mező létesül. Az így kialakuló mágnesmező és az állandó mágnes mezeje között fellépő erőhatás az elektromágnest elfordítja. A műszer **mutatója** (10) a lengőrészhez rögzített, azzal együtt elfordul (*kitér*), és az alatta elhelyezett **skálán** (11) olvasható le a mért érték. A mutató kitérése a bevezetett villamos jel nagyságával arányos:

$$\alpha = k \cdot I \quad \text{vagy} \quad \alpha = k \cdot U$$

- Szerkezeti két megoldása van. Az egyik a külső mágneses (19. ábra), ahol az állandó mágnes az elektromágnesen kívül helyezkedik el. A másik a belső mágneses, itt az állandó mágnes a tekercs belsejében van elhelyezve, az állórészhez rögzítve.

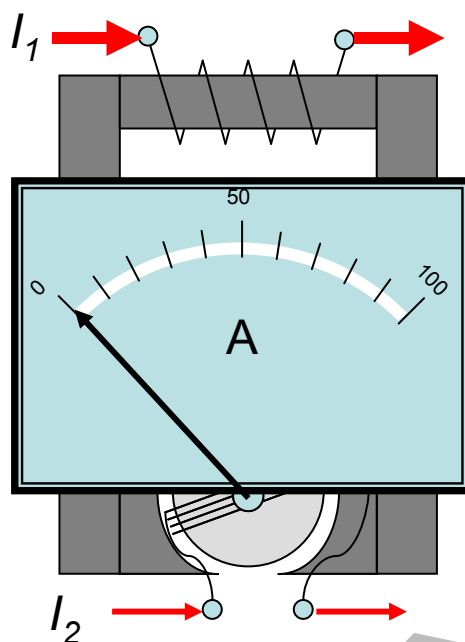


20. ábra. Belső mágnesű műszer

b. Elektrodinamikus műszer

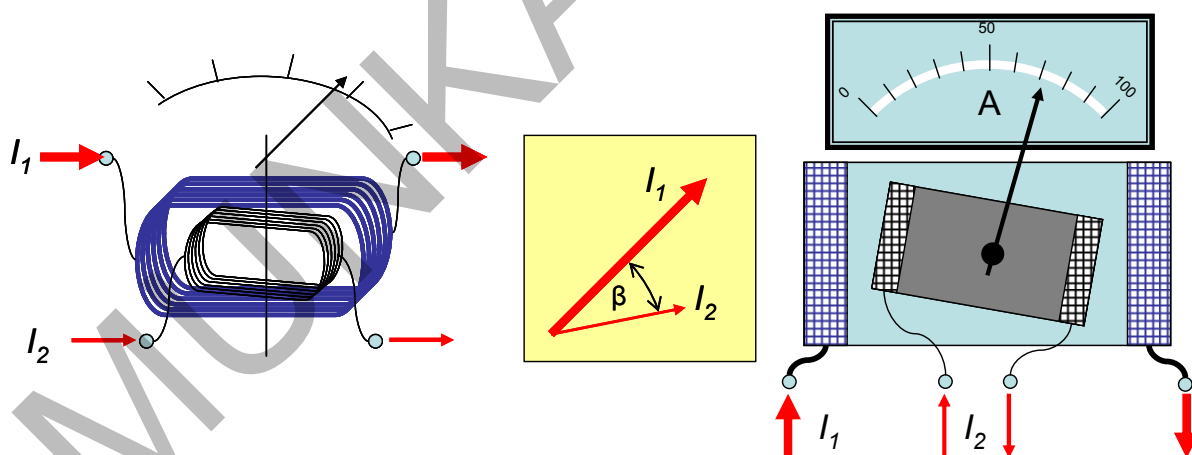
Tekinthetjük az állandó mágnesű műszer továbbfejlesztett változatának: az állandó mágnes helyett is elektromágnest alkalmaznak.

Két elektromágnes között fellépő erőhatáson alapszik.



21. ábra. Vasmagos elektrodinamikus műszer elvi kialakítása

A 20. ábrán vasmag segítségével vezetik az állórész tekercs mágnesmezőjét a lengőrészhez. Az ilyen műszert ezért *vasmagos elektrodinamikus* műszernek nevezik. Másik formája az ún. *vasmentes elektrodinamikus* műszer, ahol az állórész tekercs belsejébe helyezik a lengőrészt, ezért nincs szükség a vasmagra.



22. ábra. Vasmentes elektrodinamikus műszer elvi felépítése

A kitérítő nyomaték az állórészbe vezetett I_1 és a lengőrészbe vezetett I_2 áramok által keltett mágnesmezők egymásra hatásaként jön létre. Nagysága arányos az áramok nagyságával és az általuk bezárt szög koszinuszával, így a műszer kitérése:

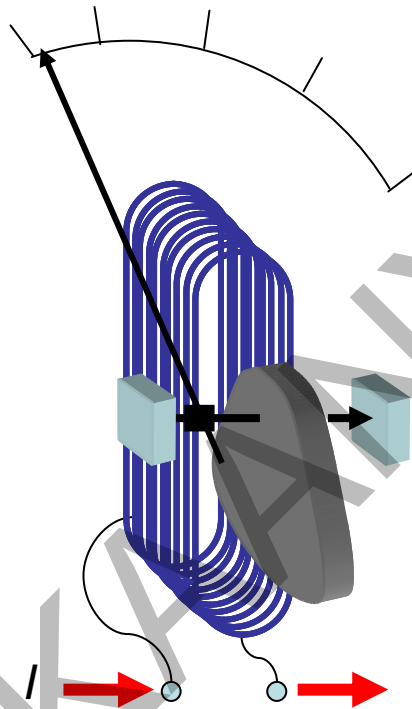
$$\alpha = k \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \beta$$

c. Lágyvasas műszer

A már megismert műszerektől eltérő a működése:

Egy elektromágnes lágyvasra gyakorolt hatásán alapszik.

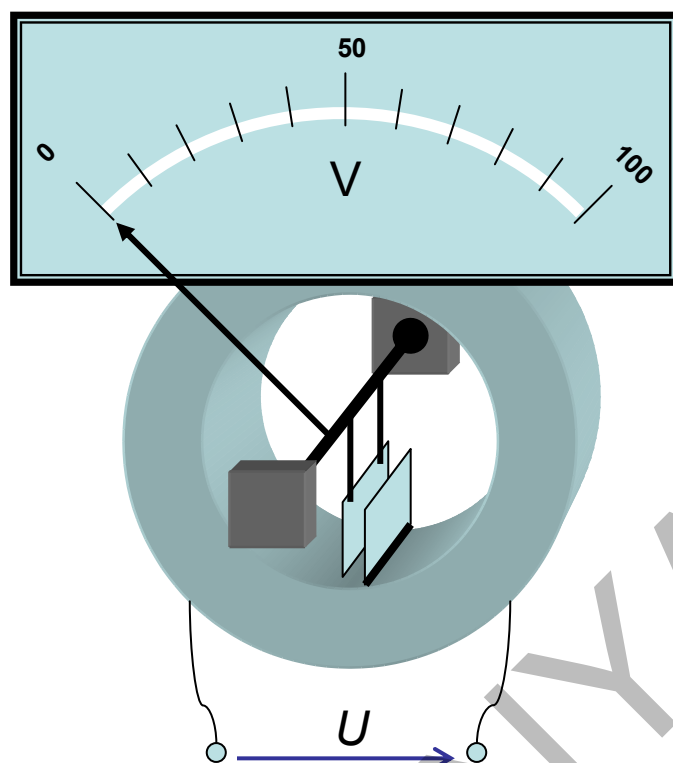
Két fajtája, a **lapostekercsű** és a **kerektekercsű** (az elektromágnes formájáról kapták a nevüket), működési elvükben eltérnek.



23. ábra. Lapostekercsű lágyvasas műszer elvi felépítése

A **lapostekercsű lágyvasas műszer** a mágneses vonzáson alapszik. A mérendő jelet a műszer tekercsébe vezetjük. A kialakuló mágnesmező vonzó hatást gyakorol a tekercs elé helyezett különleges formájú lágyvasra, amely a tengelye körül elfordul. A mutató a tengelyjel együtt fordul és a mérendő jel nagyságával arányosan kitér. A visszatérítést rugó szolgáltatja (a jobb áttekinthetőség miatt nem ábrázoltuk).

A **kerektekercsű lágyvasas műszer** a mágneses taszításon alapszik. Tekercse kerek, melynek belsejébe egy lágyvasdarabkát (1) rögzítenek. Közvetlen közelébe egy másik lágyvasdarabka (2) kerül, amely a műszer tengelyéhez van rögzítve. A tekercsbe vezetett villamos jel hatására kialakuló mágnesmező mindkét lágyvasdarabkát azonos pólusúra mágnesezi fel. A lágyvasdarabkák között ezért taszító erő alakul ki, a tengelyen lévő elmozdul és elfordítja a mutatót. A visszatérítő nyomatékot most is rugó szolgáltatja.



24. ábra. Keretekercsű műszer elvi vázlata

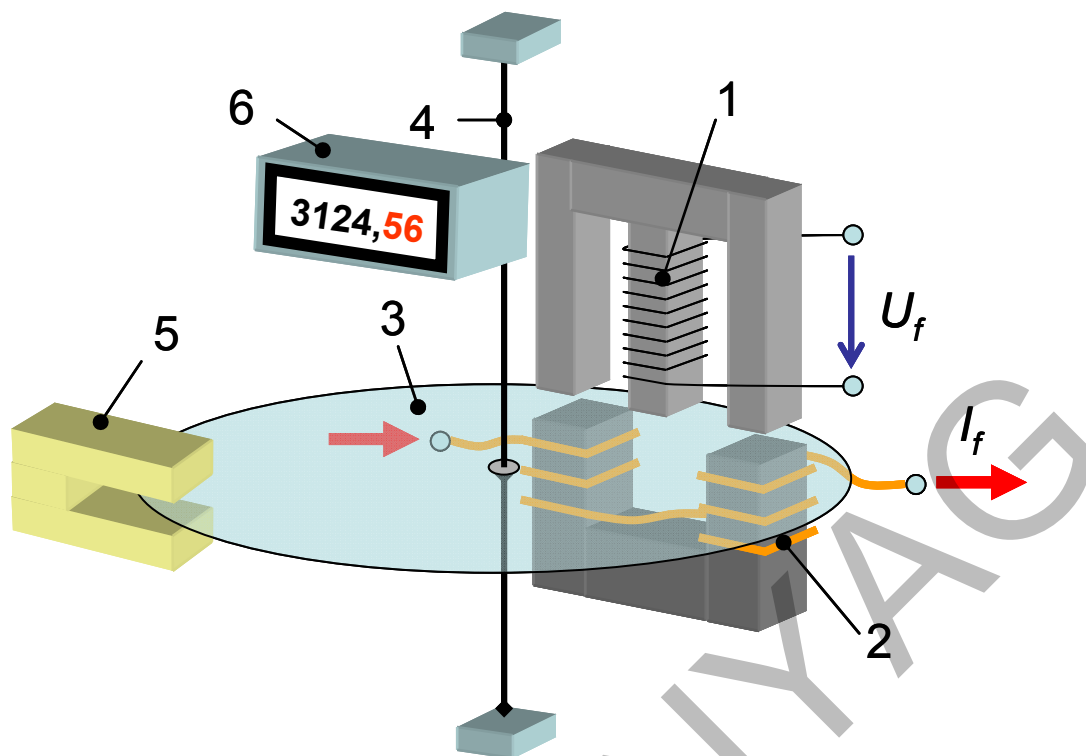
Mindkét műszer kitérése a tekercsre kapcsolt jel effektív értékének négyzetével arányos:

$$\alpha = k \cdot I_{\text{eff}}^2 \text{ vagy } \alpha = k \cdot U_{\text{eff}}^2$$

d. Indukciós műszer

Két elektromágnessel keltett forgó mágnesmező hatásán alapszik.

Működési elve az aszinkron motoréval azonos. Lengőrésze dob vagy tárcsa alakú.

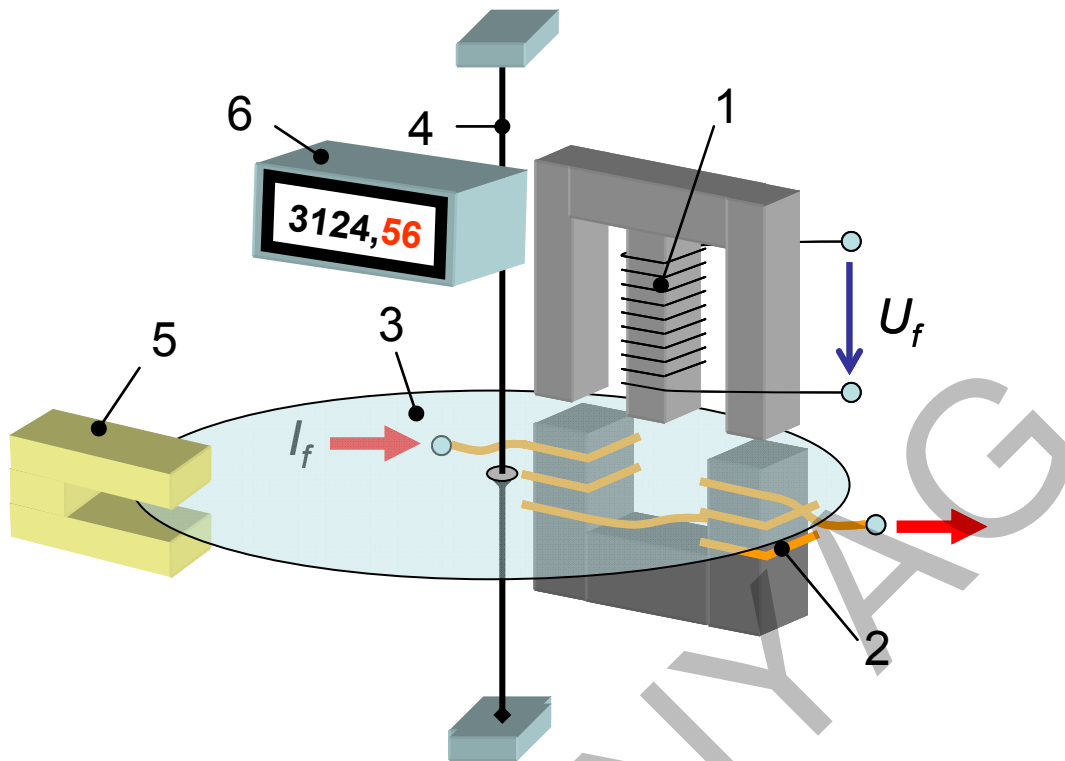


25. ábra. Dobos indukciós műszer elvi vázlata

A **dobos indukciós műszer** (25. ábra) lemezelt állórészen két tekercs van. A bennük folyó áramok eltérő irányúak (22. ábra) ezért az állórész belsejében a két tekercs mágneses tereinek eredőjeként *forgó mágnesmező* jön létre. Ebbe helyezik a dob alakú lengőrészt, amelyben a forgó mágnesmező feszültséget indukál. A dobban indukált feszültség örvényáramokat hoz létre, melyek mágnesmezeje kapcsolódik a forgó mágnesmezőhöz és a tengelyre szerelt dobot elfordítja. A visszatérítő nyomatékot a megszokott rugó biztosítja. Előnye, a már megismert műszerekkel szemben, hogy a mutató sokkal nagyobb szögelfordulásra képes, közel 360°-os is lehet (mint a sebességmérő mutatója a gépkocsikban). Kitérítő nyomatéka a tekercsekbe vezetett áramok nagyságával és az általuk bezárt szög szinuszával arányos:

$$\alpha = k \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \sin \varphi$$

A **tárcsás indukciós műszer** elve a doboséval megegyezik. *Indukciós fogyasztásmérőként* találkozunk vele ma is. Szerkezeti kialakítása a 26. ábrán figyelhető meg. A Ferraris-tárcsa (3) alatt helyezkedik el a fogyasztó áramát érzékelő áramtekercs (2), fölötté a fogyasztó feszültségét érzékelő feszültségtekercs (1). A két tekercs által létesített forgó mágnesmező hatására alakul ki a tárcsa mágnesmezeje, amely kapcsolódva a forgó mágnesmezőhöz a tárcsa forgását eredményezi. Ebben az esetben nincs rugó. A tárcsa tengelyéhez (4) egy számláló (6) kapcsolódik, azon olvasható le a fogyasztó által felhasznált villamos energia nagysága. Fontos szerkezeti része egy állandó mágnes (5), amely a pólusai között forgó tárcsára fékező hatást gyakorol.

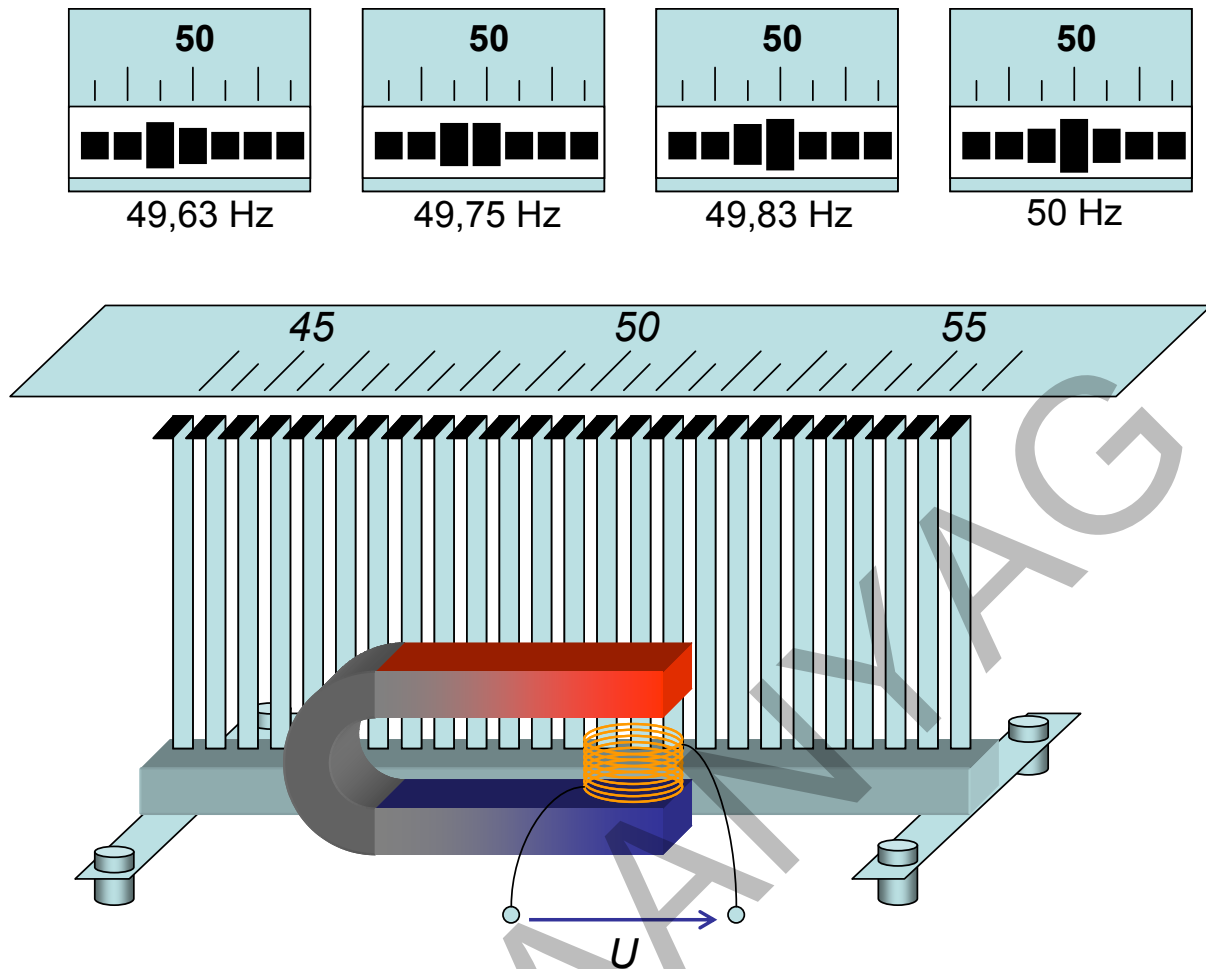


26. ábra. Tárcsás indukciós műszer elvi felépítése

e. Rezgőnyelves műszer

Az elektromágneses rezgések fémlemezre gyakorolt hatásán alapszik.

A mérendő, periodikusan váltakozó jel egy állandó mágnes sarkai közé helyezett tekercsre kerül. A jel frekvenciájának ütemében az egyik félperiodusban erősödő, a másikban gyengülő mágneses tér rezgésbe hozza a "mutató" tartólécét. A tartóléc rezgésszáma a frekvencia kétszerese lesz. A "mutató" a tartólécre egymás mellé helyezett lemezkesor, melyek önrezgésszáma 0,5 Hz-cel növekszik. Az a lemezke fog legjobban rezgésbe jönni, amelynek az önrezgésszáma legközelebb van a mérendő fel frekvenciájának kétszereséhez. A műszer leolvasása a kitérő lemezek alapján a 27. ábrán szerint történik.

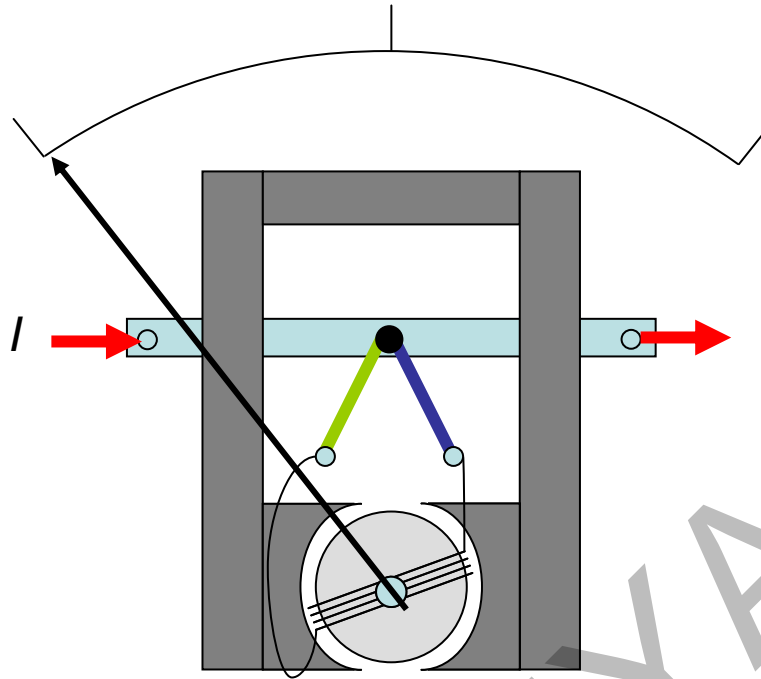


27. ábra. Rezgőnyelves műszer elvi felépítése

f. Hőelemes műszerek

Hőelem felhasználásával készült állandó mágnesű műszer.

A hőelem két különböző fém összekötésével (összehegesztésével) létrehozott feszültségforrás. Az összekötési pontot melegítve (melegpont) a két kivezetés (hidegpontok) között mérhető feszültség növekszik. A melegpontot a műszeren átvezetett mérendő áram hőhatása melegíti ($P = I^2 \cdot R_{sönt}$), a hidegpontok pedig a Deprez műszer két kapcsához csatlakoznak. Az áram négyzetével arányosan nő a hőelem melegponti hőmérséklete, a hőelem feszültsége és a műszer kitérése.

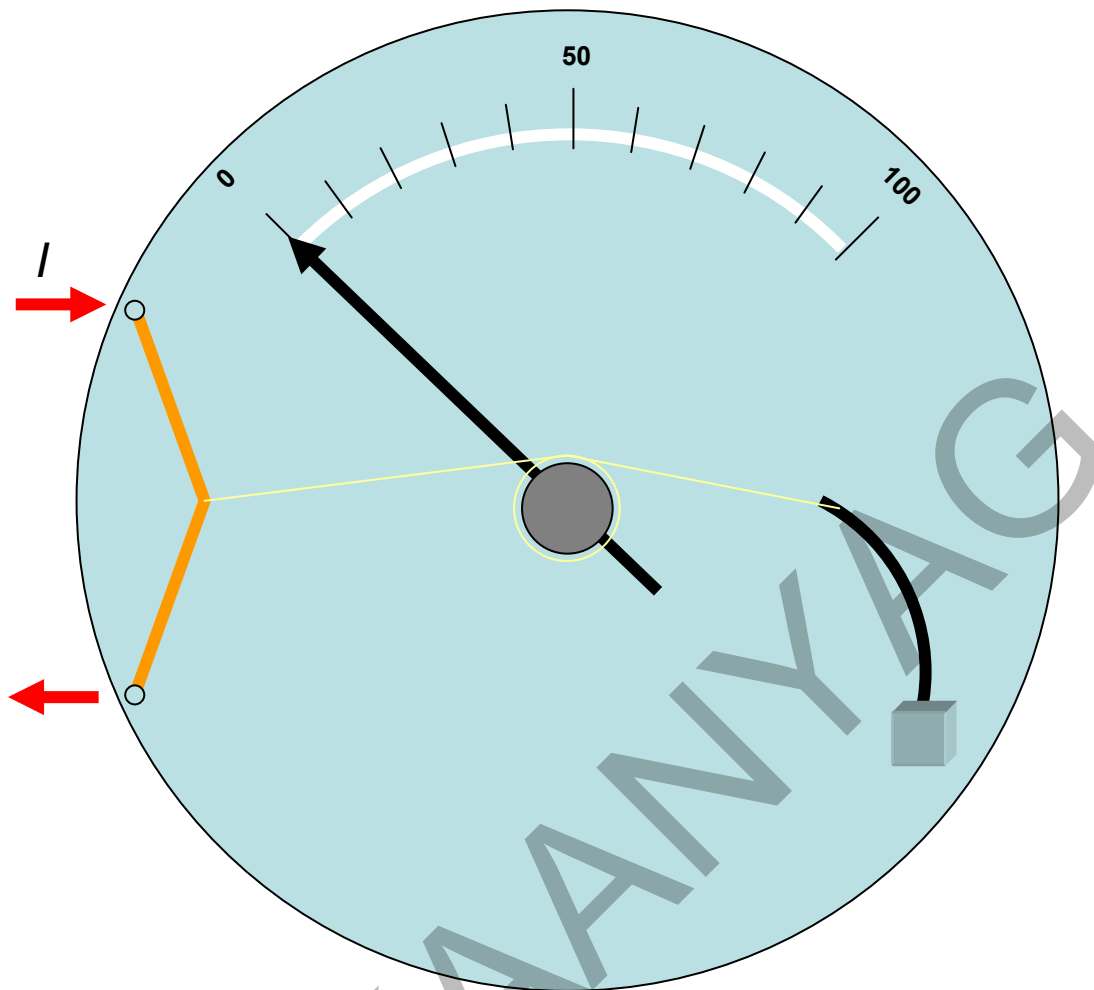


28. ábra. Hőelemes műszer elve

g. Hőhuzalos műszerek

A huzal hosszának hőmérsékletfüggésén alapszik.

A mérendő áram a huzalon áthaladva azt felmelegíti → a huzal hossza megnő. A huzal közepéről induló segédszál egy rugó feszíti. A segédszál áthalad a mutató tengelyén, és elfordításával a mutatót kitéríti. A huzalt a rajta átfolyó áram melegíti $P = I^2 \cdot R_{\text{huzal}}$ teljesítménnyel, így a műszer kitérése a rajta átfolyó áram négyzetével arányos.

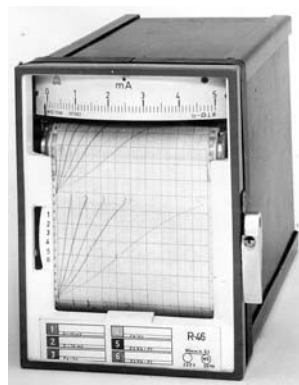


29. ábra. Hőhuzalos műszer elvi felépítése

h. Regisztráló műszerek

A mért értéket grafikusán, folyamatosan rögzítő műszer.

A gyorsan és a lassan változó jeleket rögzítő műszerek eltérő mérőművet és írószerkezetet igényelnek. A rögzítés lehet folyamatos illetve pontszerű (30. ábra).



30. ábra. Pontíró

2. Elektromechanikus műszerek általános jellemzői

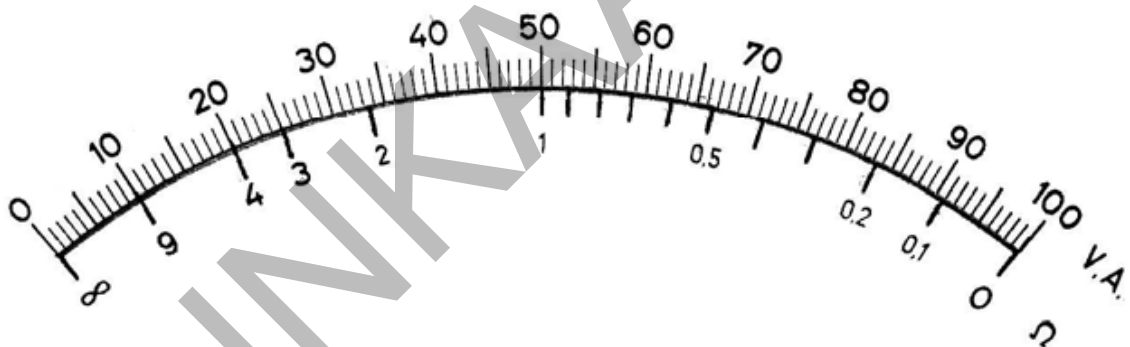
FONTOSABB SZERKEZETI RÉSZEK

A megismert elektromechanikus műszerek legfontosabb szerkezeti elemei:

- Skála
- Mutató
- Tengely
- Csapágyak
- Rugók
- Csillapító szerkezet

Skála

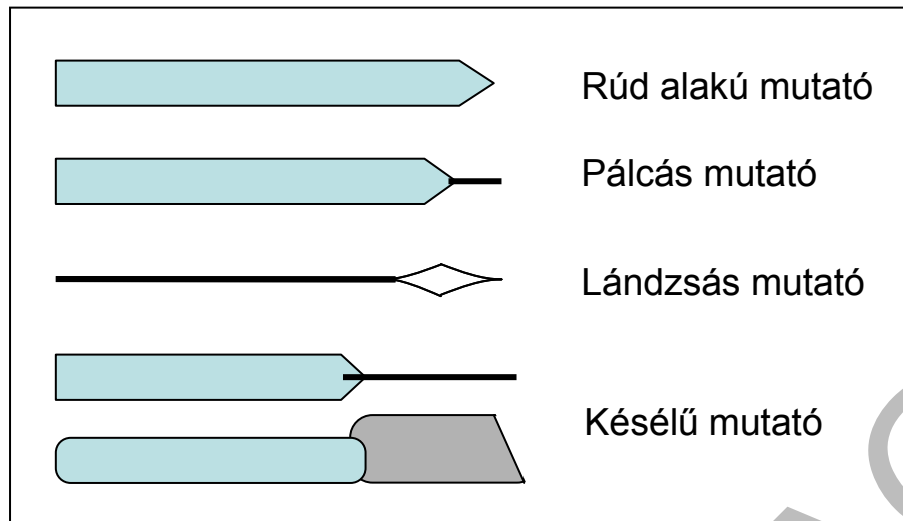
A mérési elvtől és a műszer szerkezeti kialakításától függően eltérő skálával készülnek a műszerek. Attól függően, hogy a skála mely részén sűrűbb a beosztás beszélünk lineáris, elején nyomott, végén nyomott skáláról. Olyan része is lehet a skálának, ahol nincs a főosztások között finom beosztás. Ezeken a helyeken csak tájékoztató mérést végezhetünk, a mért értéket jegyzőkönyvbe a főosztásra hivatkozva adhatjuk meg (pl. nagyobb mint 200 V, vagy kisebb mint 50 A stb.)



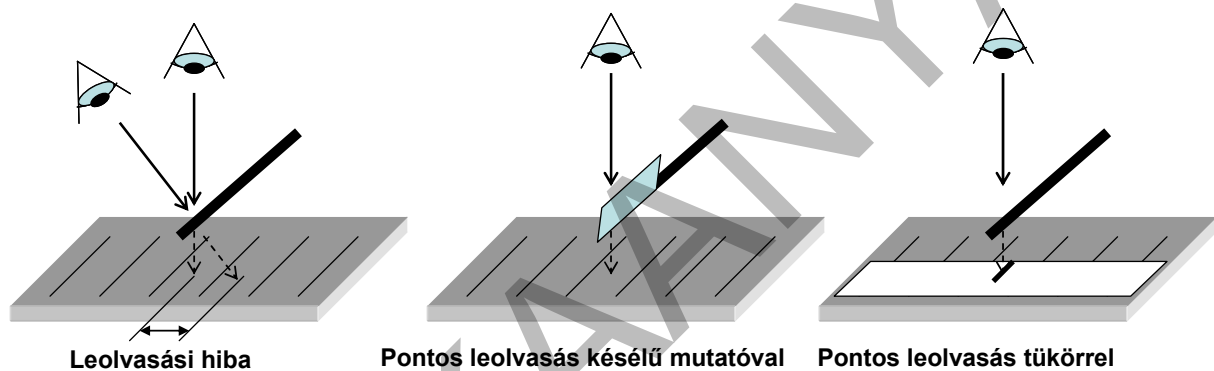
31. ábra. Felül lineáris, alul fordított, végén nyomott skála

Mutató

A mutató *anyagi* vagy *fénymutató*. Az **anyagi** mutató a műszer lengőrészére szerelt ezért könnyűnek, ugyanakkor mechanikailag szilárdnak kell lennie. Általában alumínium rúd, üvegcső vagy üvegszál. A leolvasás pontosságát illetve gyorsaságát segíti a mutatófej kialakítása. Hátránya a leolvasáskor elkövethető hiba (parallaxis hiba). A mutatót rossz irányból nézve "árnyéokra vetődünk". Helyes értéket a skálalapra merőleges irányból kapunk. Ezt segíti a késes mutató és a tükörskála alkalmazása.



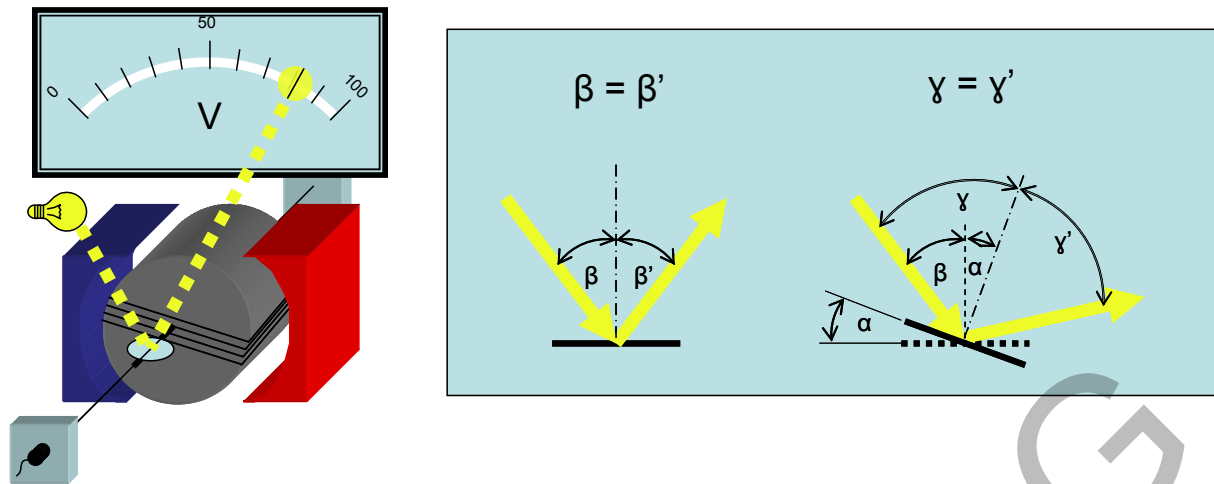
32. ábra. Gyakori mutatófej formák



33. ábra Helytelen és helyes leolvasás

A **fénymutató** kialakítása: a mutató helyett egy kis tükröt (vékony fémfólia) szerelnek a lengőrészre, és egy fényforrást az állrészre. A fény a tükrőről a skálára verődik vissza, innét olvasható le a mért érték. A **fénymutató** előnyei:

- Könnyű lengőrész → már kis jeleknél is ad kitérést (érzékeny műszer)
- A mutató hossza növelhető (akár méter nagyságrend is lehet) → könnyebb, pontosabb leolvasás
- A lengőrész α szögelfordulásakor a mutató 2α -nyit mozdul el. A lengőrész α elfordulásakor α -val megnő a fénysugár tükröre "beeső" szöge. Mivel síktükör esetén a visszaverődési szög megegyezik a beesésével, a visszaverődési szög is α -val nő, vagyis összesen 2α a "mutató" helyzetváltozása.



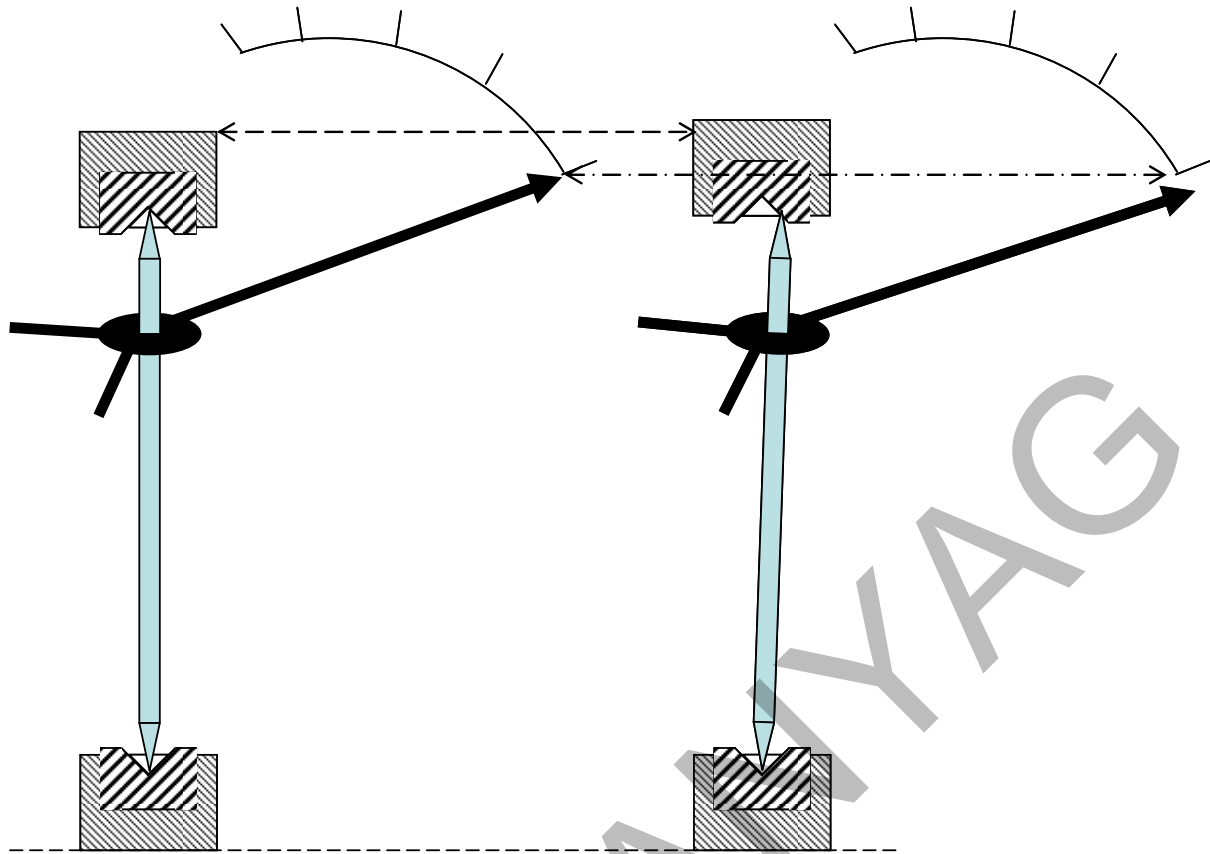
34. ábra. Fénymutató kialakítása

Tengely és csapágyak

Feladatuk a lengőrész megfelelő működésének segítése. Ez összetett feladat.

- A lengőrészt megfelelő helyen kell tartania.
- A lengőrész elfordulását nem szabad akadályoznia.
- A mutató tömegéből fakadó terhelést el kell viselnie.
- Nem billeghet.

A tengely lehet *acélrúd* vagy *feszített szál*. Az **acélrúd** tengelyt általában két **csúcs-csapágy** rögzíti. Az üveg-keményre edzett, 0,01–0,02 mm-re legömbölyített tengelyvégeket zafír, rubin, vagy achát kő csapágyakkal látják el. Fontos a csapágyak távolságának helyes megválasztása: ha közel vannak a tengely szorul (súrlódási hiba), ha messze kerülnek a tengely billeg (billegési hiba). Az utóbbi hibát mutatja a 35. ábra. Ritkán alkalmazott megoldás a hengeres csapágyazás.



35. ábra. Csapágyhibák

Feszítettsszálás tengely a 34. ábrán látható. A lengőrészt két vékony fémszál rögzíti az állórészhez, azok feszessége tartja alaphelyzetben. Kitéréskor a szálak megcsavarodnak, bennük torziós erő ébred, ami a visszatérítő nyomatékot szolgáltatja. A szálak terhelhetősége kisebb, mint a tengelyé, ezért vékony üvegcső mutatót, vagy fénymutatót alkalmaznak.

Rugók

Elektromechanikus műszereknél két fajta terjedt el: a **spirálrugó** (19. ábra) és a **torziós rugó** (34. ábra). Több feladatot is ellátnak:

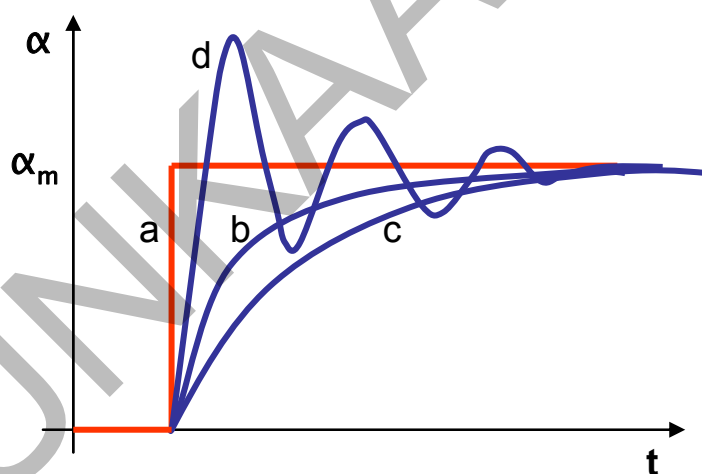
- *Bevezetik az áramot a lengőrészbe.* Erre a célra vezeték használata nem célszerű, mert akadályozná a lengőrészt az elfordulásban, ezzel a mérés pontatlanná válna.
- *Visszatérítő nyomatékot szolgáltat.* A működés alapfeltétele, hogy a mutató kitérése a mérendő jel nagyságával legyen arányos. A rugó "állítja" meg a mutatót a megfelelő helyzetben. Minél nagyobb a *kitérítő nyomaték* (M_k), annál jobban elfordul a lengőrész → annál jobban megfeszül az álló és lengőrész közé szerelt rugó → annál nagyobb *visszatérítő nyomatékot* (M_v) szolgáltat.
- Biztosítják a *mutató nulla-helyzetét* árammentes állapotban. Az egyik rugó (6) feszessége csavarral (9) állítható, ezzel "nullázható" a műszer.

- *Hőkompenzációt* végeznek. A külső hőmérséklet hatására a spirálrugó kitágul vagy összehúzódik. Ezzel együtt a mutató alaphelyzete állandóan változna, ami jelentősen megnehezítené a műszer használatát. Ennek kiküszöbölésére a két rugót *ellentétes csavarulattal* szerelik.

A rugók korábban a 19. ábra szerinti spirálrugók voltak, a modern műszerekben már torziós rugót használnak. Ezek az ún. feszített-szálas műszerek (34. ábra). A lengőrészt két vékony fémszál rögzíti az állórészhez, azok feszessége tartja alaphelyzetben. Kitéréskor a szálak megcsavarodnak, bennük torziós erő ébred, ami a visszatérítő nyomatékot szolgáltatja.

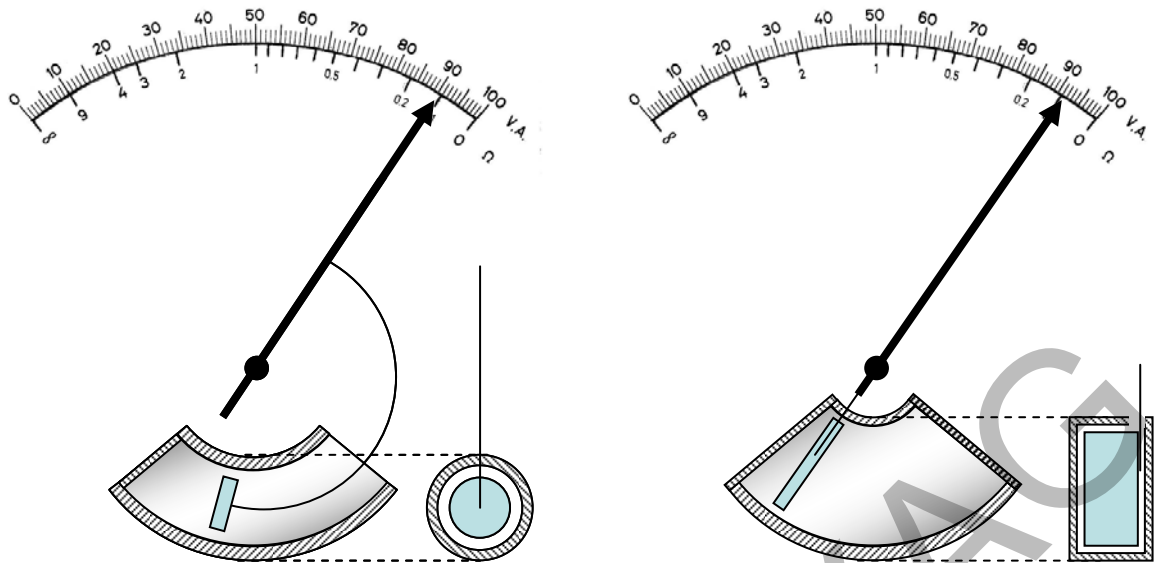
Csillapító szerkezet

A csillapító szerkezet a mutató kitérés ütemét szabályozza. A műszerre α_m kitérést okozó gyorsan változó jelet (egységugrást) kapcsolva a mutató a tehetetlenség miatt nem képes az "a" görbe szerint kitérni. A "b" görbe szerint mozogó mutató késve áll be a megfelelő kitérésre. Nagy csillapítást alkalmazva (c görbe) ennél is lassabban "kúszik" fel a mutató. A "d" esetben sokkal gyorsabban nő a mutató kitérése de túllendül, majd periodikusan néhány lengés után áll be a megfelelő kitérésre. Ebben az esetben a csillapító szerkezetnek a feladata a lengések számának csökkentése. Általában a "d" szerinti megoldást alkalmazzák, itt meggyőződhet a műszer használója arról is, hogy a mutató nem azért állt meg, mert elakadt.



36. ábra. Mutató "beállása"

A csillapító szerkezet *elektromágneses vagy mechanikus*. **Elektromágneses** csillapító szerkezet látható a 25. ábrán. Az állandó mágnes (5) sarkai között forgó alumínium tárcsában (3) feszültség indukálódik, amely a tárcsában olyan örvényáramokat kelt, amelyek mágneses tere igyekszik kapcsolódni az állandó mágneséhez, ezzel fékezi a tárcsa mozgását. **Mechanikus csillapításra** légdugattyút alkalmaznak. A lengőrész egy dugattyút mozgat, amely az egyik vagy mindkét irányba elmozduláskor az előtte lévő levegőt sűríti. A sűrített levegő a dugattyú melletti résen lassan átáramlik → a mutató ennek megfelelően lassan elmozdul.



37. ábra. Kör és téglalap dugattyús légszabályozó

3. Az elektromechanikus műszerekkel mérhető értékek

A mérendő mennyiség szerint az elektromechanikus műszer lehet:

- | | |
|----------------------------|---------------|
| - Árammérő | A |
| - Voltmérő | V |
| - Frekvenciamérő | Hz |
| - Wattmérő | W |
| - Villamos fogyasztásmérő | kWh |
| - Ellenállásmérő | R |
| - Teljesítménytényező mérő | $\cos\varphi$ |

A műszer skáláján a mérendő mennyiség megnevezés helyett annak mértékegységét tüntetik fel. Több mennyiséget is mérő műszer (multiméter) skáláján mindegyik mértékegységét megadják.

A villamos jelek és jellemzőik tárgyalásánál megismertük a középértékeket. Az elektromechanikus műszerek –a frekvenciamérőt kivéve– felépítésük, működésük alapján mindig középértéket mérnek, de nem mindig azt mutatják. A 38. ábrán látható, hogy melyik műszer milyen középértéket mér és mit mutat.

jelkép	rendszer	Mért középérték			Mutatott érték
		egyszerű I_{ek}, U_{ek}	abszolút I_{ak}, U_{ak}	négyzetes I_{eff}, U_{eff}	
	Állandó mágnesű műszerek	✓			I_{ek}, U_{ek}
	Egyenirányítós állandó mágnesű műszerek		✓		$1,11 \cdot (I_{ak}, U_{ak})$
	Elektrodinamikus műszerek			✓	$I_{eff}, U_{eff}, P, Q,$
	Lágyvasas műszerek			✓	I_{eff}, U_{eff}
	Indukciós műszerek			✓	kWh
	Hőelemes műszerek			✓	I_{eff}, U_{eff}
	Hőhuzalos műszerek			✓	I_{eff}, U_{eff}

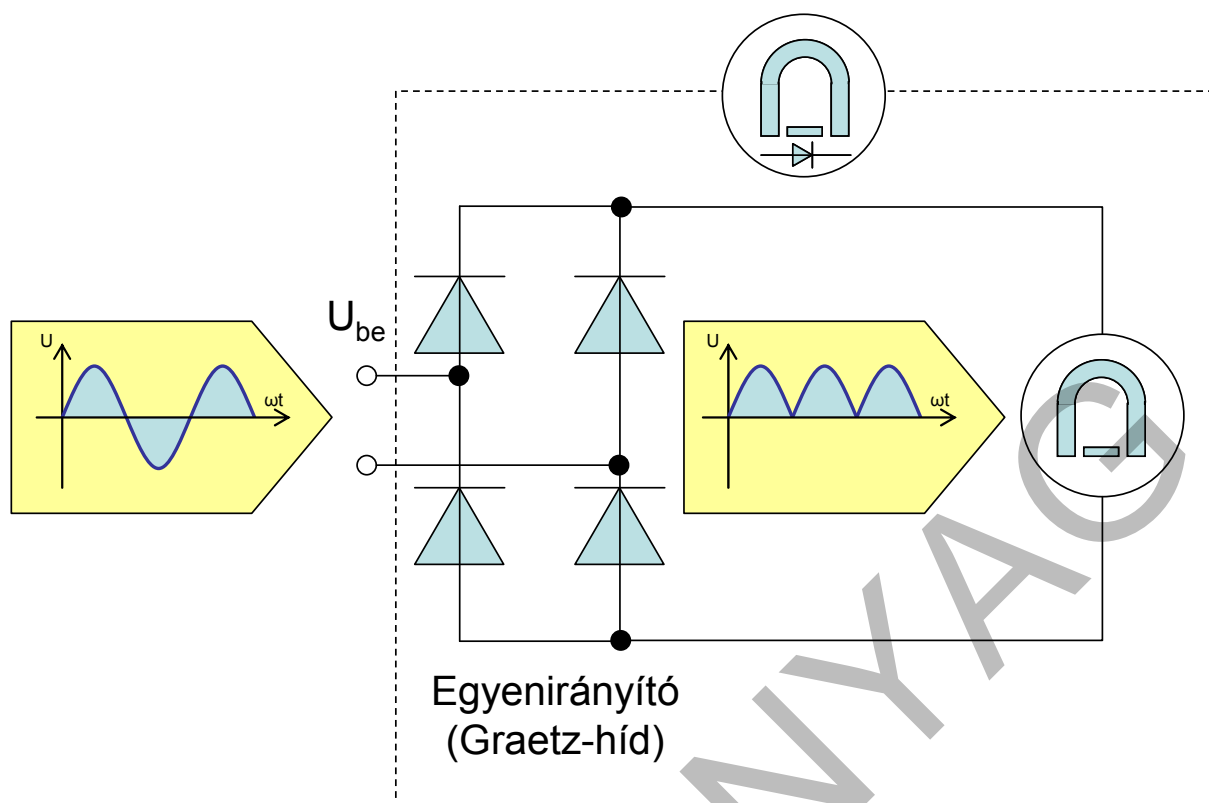
38. ábra. Elektromechanikus műszerek mért és mutatott értékei

Az állandó mágnesű műszert elsősorban egyenáram és egyenfeszültség mérésére használják. Tisztán váltakozó áramú jelet kapcsolva rá nem mutat semmit, mivel annak egyszerű középértéke nulla.

Vigyázat! A tekercsén ekkor is folyik áram, és ha az túl nagy, a műszer tönkremegy.

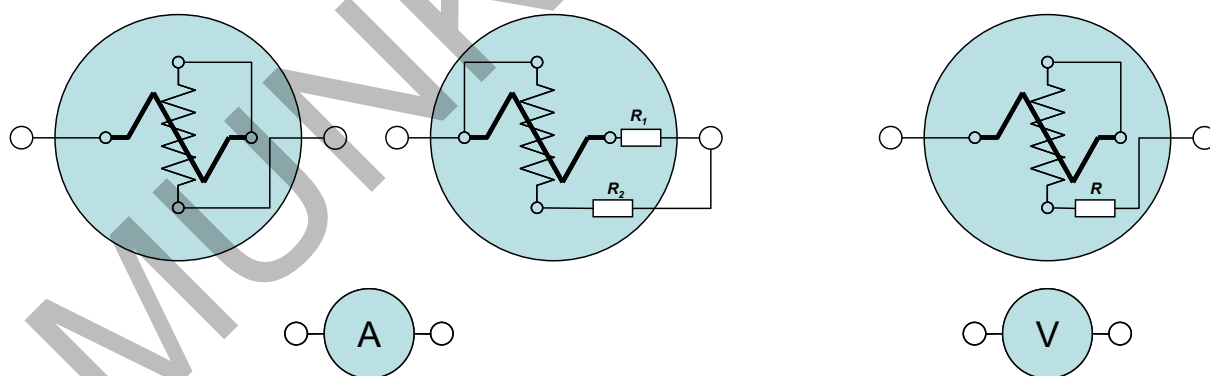
Nagy segítséget jelent az összetett jelek vizsgálatánál: megméri az egyenáramú összetevőt. A helyes méréshatár megválasztására ekkor is ügyelni kell.

Váltakozó jelek mérésére is alkalmassá tehető az állandó mágnesű műszer, ha előtte a jelet egyenirányítják (39. ábra). Erre utal a jelképben szereplő dióda. Egyenirányításra négy diódát, az ún. Graetz-hídat használják, így a műszerre a váltakozó jel abszolút középértéke jut. Ezért méri a műszer az abszolút középértéket. A skálázással azonban "csalnak". Nem a mért értéket, hanem annak 1,11-szeresét tüntetik fel (pl 10 V érzékelésekor a mutató 11,1 V-ot mutat). Azért alkalmazzák ezt a megoldást, mert a szinuszos jel abszolút középértékének 1,11 szerese éppen a jel effektív értéke, és szinte minden esetben ezt a jellemzőt kell meghatározni.



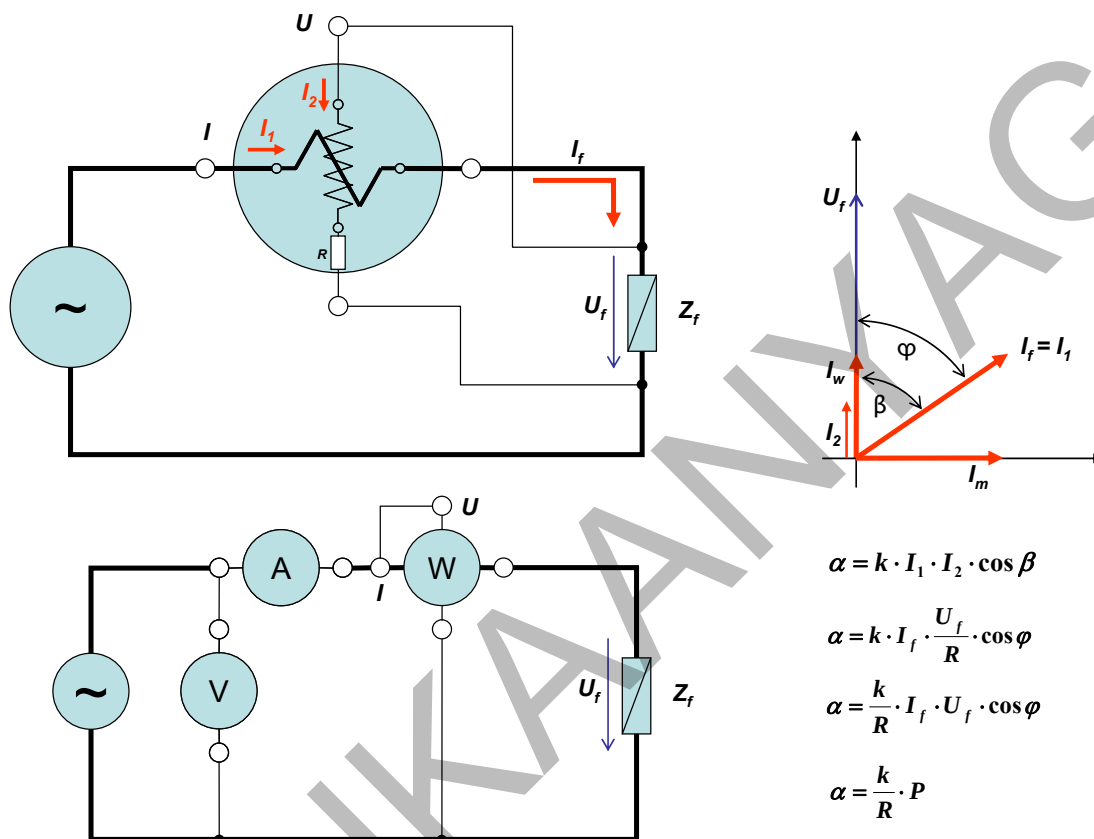
39. ábra. Egyenirányítós Deprez műszer

Az **elektrodinamikus műszer** sok jellemző mérésére használható. A két tekercsét sorba vagy párhuzamosan kapcsolva Amper- és Voltmérőként használható, ekkor a vizsgált jel **effektív értékét** méri és mutatja.



40. ábra. Elektrodinamikus Amper- és Voltmérő

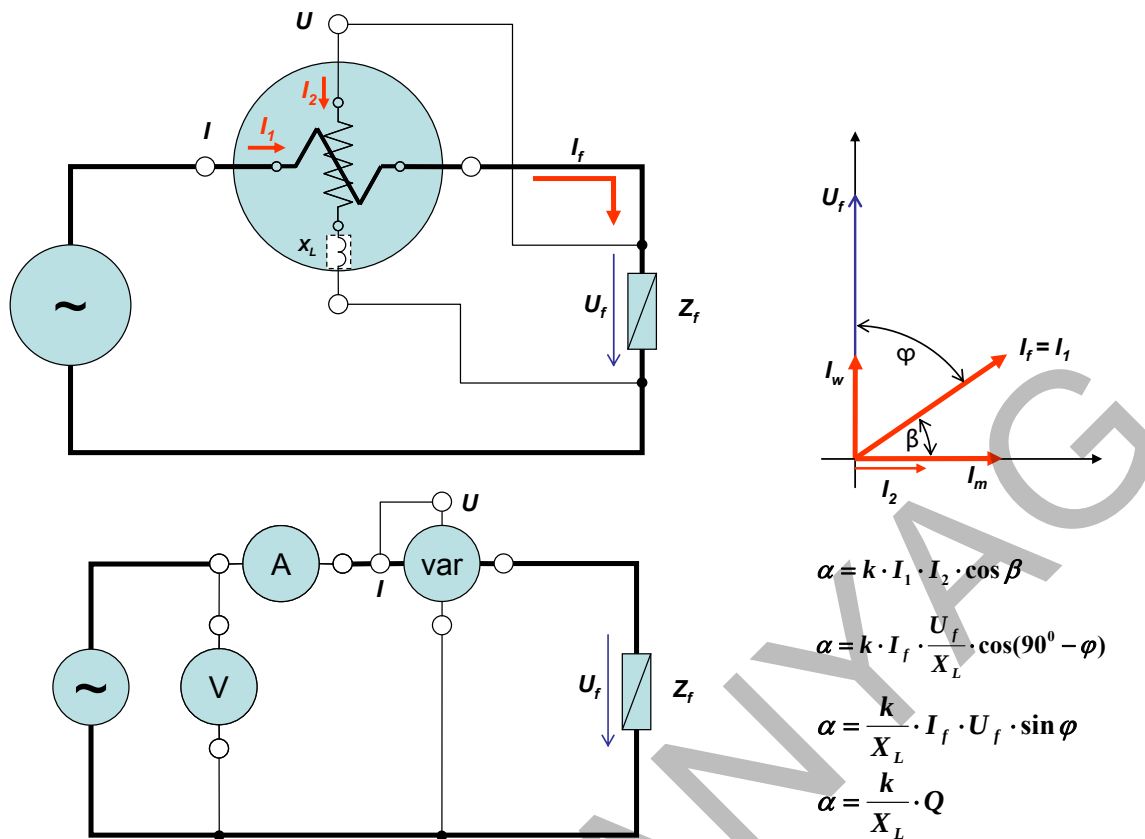
A két tekercsre különböző jelet kapcsolva teljesítményt mérhetünk. A fogyasztó áramát az állórész-tekercsre, feszültségét a lengőrészre kapcsolva, annak hatásos teljesítményét méri a 41. ábra műszere. Ebben az esetben az állórész árama megegyezik a fogyasztó áramával $I_1 = I_f$. A lengőrész I_2 árama a fogyasztó feszültségével arányos $I_2 = U_f / R$, és a műszerbe szerelt R ellenállás segítségével azzal azonos irányú. A behelyettesítések után (41. ábra) adódik, hogy a műszer kitérése a fogyasztó hatásos teljesítményével arányos.



41. ábra. Hatásos teljesítmény mérése elektrodinamikus műszerrel

Érdeemes megvizsgálni az $\alpha = \frac{k}{R} \cdot I_f \cdot U_f \cdot \cos \phi$ képletet. A benne szereplő $I_f \cdot \cos \phi$ szorzat a fogyasztó áramának hatásos (wattos) összetevője: I_w , melynek iránya a fogyasztó feszültségével megegyező. A műszer kitérése ennek felhasználásával: $\alpha = \frac{k}{R} \cdot U_f \cdot I_w$

alakban is felírható. A szakemberek emiatt úgy magyarázzák a wattmérő működését, hogy "a rákapcsolt feszültséget megszorozza a rákapcsolt áram feszültség irányú összetevőjével". Ez könnyen megjegyezhető, hasznos megfogalmazás, de vigyázat: csak a wattmérőkre igaz, amelyekben R ellenállással a lengőrész áramát (I_2) a lengőrész feszültségének irányába állították! Ritkán alkalmazott műszer az elektrodinamikus var-mérő (meddő teljesítmény), amelyben induktivitással állítják be I_2 irányát úgy, hogy a 41. ábra bekötésével a fogyasztó meddő teljesítményét mérje. Annak skáláján a "W" jelzés helyett a "var" jelzés látható.



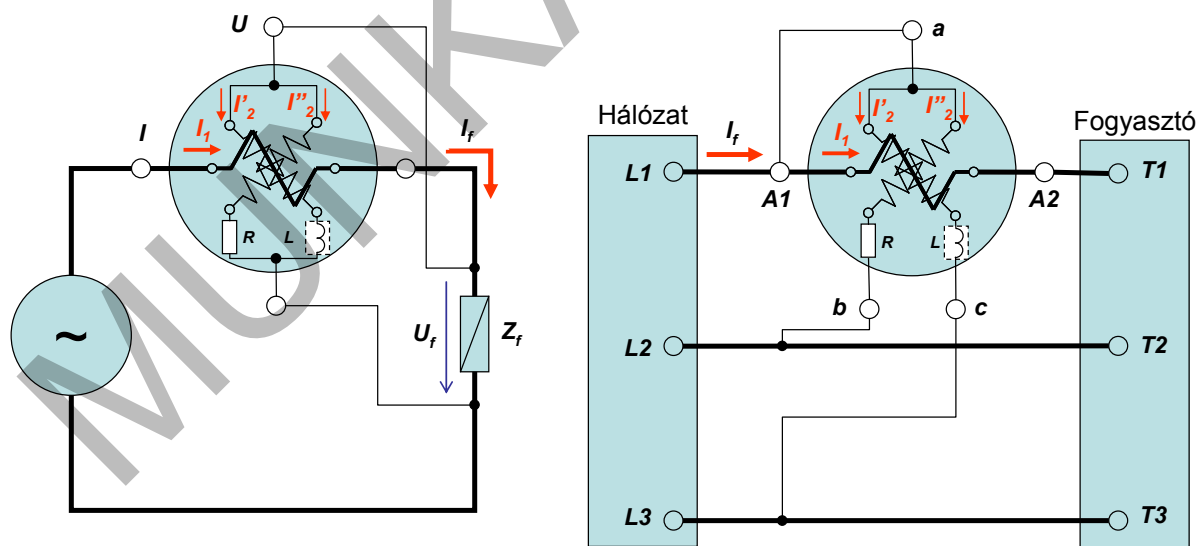
42. ábra. Meddő teljesítmény mérés eleve

Sok, további fontos és hasznos információval szolgál még a 41. és 42. ábra.

- A **wattmérőnek négy kivezetése van**. Kettő az állórész kis menetszámú, nagy keresztmetszetű **áramtekercsének** kivezetése, amelyet úgy kell az áramkörbe kötni mint egy **ampermérőt**. Kettő a sokmenetű, kis keresztmetszetű lengőrész-tekercs az ún. **feszültségtekercs** kivezetése, amit **voltmérőként** kell bekötni. Egy tekercshez tartozó kivezetések a rajzjelen egymással szemben vannak. A rajzjel elforgatható, emiatt problémát okozhat a kivezetések azonosítása. Ha a bekötésből nem látható egyértelműen, célszerű a tekercseket U és I jelzésekkel megkülönböztetni.
- A gyártók a műszereken minden esetben **U és I betűkkel jelölik a tekercsüket**. A tekercsek bemeneti kapcsaihoz "*" szimbólumot helyeznek el. A bekötésekor ezt figyelembe véve (itt "folyik be" az áram) a műszer kitérése pozitív lesz.
- A hatásos teljesítményt (P) mérő műszer rajzjében "W" betűt találunk, a meddő teljesítményt (Q) mérőében "var" feliratot.
- **Wattmérő bekötésekor mindig kell egy amper- és egy voltmérőt is használni**. Már tudjuk, hogy a wattmérő szorzatot mutat. Azt is, hogy a $\cos \varphi$ miatt a szorzat kisebb is lehet, mint a bevezetett jelek szorzata. A kitéréséből (pl. 80 W-ot mutat) nem állapítható meg, hogy mekkora jeleket kapcsoltunk a tekercseire. Mutathat 80 W-ot $U = 100 \text{ V}$; $I = 1 \text{ A}$ és $\cos \varphi = 0,8$ esetén, és $U = 40 \text{ V}$; $I = 2 \text{ A}$ és $\cos \varphi = 1$ esetén is. Amennyiben a műszer rendelkezik 50 V-os feszültségtekercs-méréshatárral és abba kapcsoljuk, nem fog károsodni a 2. esetben, de tönkremegy az első esetben.

- A **wattmérő bekötése két módon történhet**: a feszültségtekercs U jelű kapcsát köthetjük az áramtekercs elé és mögé. A 41. ábra felső rajzán a feszültségtekercs kapcsai a fogyasztó kivezetéseihez csatlakoznak, az U jelű kapocs **az áramtekercs mögé**, az alsón elvileg azonos potenciálú pontokhoz, de **az áramtekercs elé**. Méréstechnikailag jelentős lehet az eltérés a két megoldás között. A felső rajz szerinti megoldásnál az I_2 áram része az I_1 -nek, az alsón nem. A felsőn a feszültségtekercs feszültsége azonos a fogyasztóéval, az alsón nagyobb (az áramtekercsen eső feszültséggel). A két módon mért teljesítmény értéke eltérő lehet. A gyakorlatban az alsó rajz szerint adjuk meg és készítjük a kapcsolást, ekkor kisebb a mérési hiba.

Az elektrodinamikus műszer egyik legfontosabb alkalmazása a **teljesítménytényező mérés**. A 43. ábra az egy- és a háromfázisú $\cos\varphi$ -mérő elvi bekötését mutatja. Az egyfázisú $\cos\varphi$ -mérő bekötése megegyezik a wattmérőével. Belső felépítése viszont jelentősen eltérő: **két lengőrész-tekercse van**, melyeket egymáshoz képest 90° -ra elforgatnak és rögzítenek. Az állórész-tekercs itt is áramtekercsként működik, a két lengőrész-tekercs pedig feszültségtekercsként. A lengőrész-tekercsek egyik végét összekötik, a másik végükkel R illetve L tagot kötnek sorba. Az egyfázisú $\cos\varphi$ -mérőnél az egyik lengőrész-tekercs árama a fogyasztó feszültségével azonos irányú, a másiké arra merőleges. A kitérítő nyomatékot (M_k) a fogyasztó áramával gerjesztett állórész-tekercs és a feszültséggel azonos áramirányú lengőrész-tekercs hozza létre. A visszatérítő nyomatékot (M_v) pedig az állórész-tekercs és a másik (feszültségre merőleges áramirányú) lengőrész-tekercs. *Rugóra nincs szükség, ezért árammentes állapotban a műszer mutatójának helyzete tetszőleges* nem a skála 0 pontjára mutat.

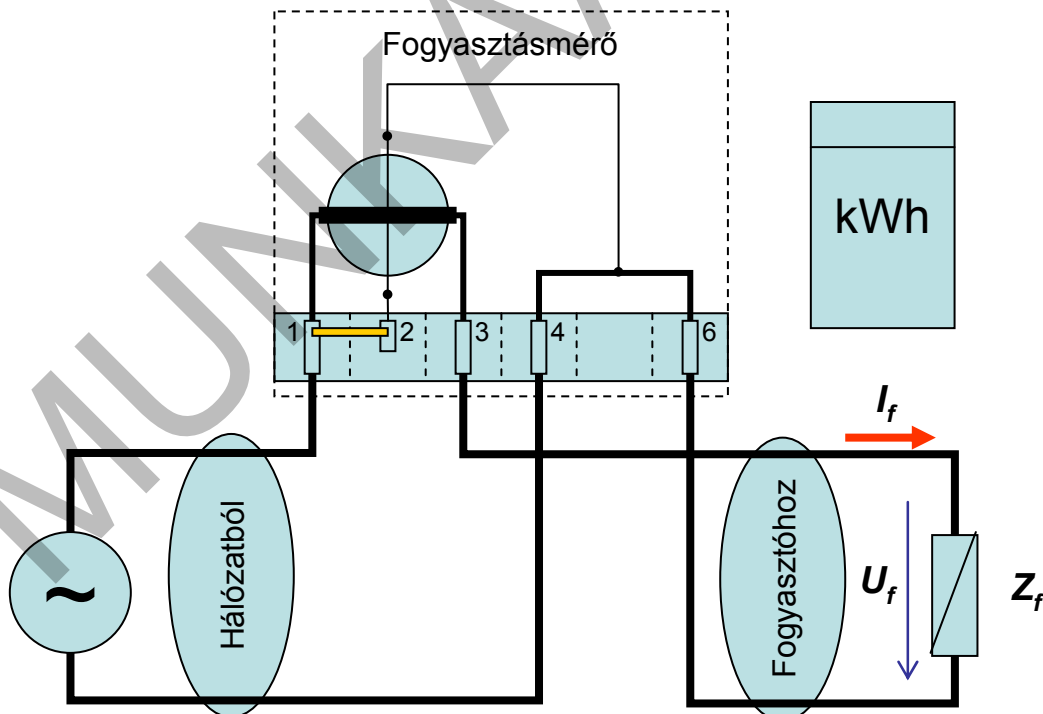


43. ábra. Egy és háromfázisú $\cos\varphi$ -mérő

A háromfázisú $\cos\varphi$ -mérő belső felépítése azonos az egyfázisúéval. Bekötése és ezért a lengőrész-tekercek hangolása (R és L tagok értéke) eltérő, (más irányú feszültségekből hozzák létre a két lengőrész-tekercs áramát.) Öt csatlakozási pontja van. Az áramtekercs kivezetéseit A1 és A2, a lengőrészét a, b és c betűk jelölik. Az egyes gyártóknál a bekötés és a kivezetések jelölése eltérő lehet, ezért használat előtt tájékozódni kell a műszer dokumentációjából!

A **lágvasas műszerek** amper- és voltmérők lehetnek. A rájuk kapcsolt jelek **effektív értékét mérik és mutatják**. Egyen és váltakozó feszültség mérésére egyaránt alkalmasak. Összetett jelek esetén is valós effektív értéket mutatnak.

Az **indukciós műszereket** ma már szinte kizárólag **villamos fogyasztás mérésére** használják. A tárcsa forgási sebessége az átáramló energia nagyságával azonos. Az "elfogyasztott" villamos energia nagysága a megtett fordulatok összeszámlálásával határozható meg. Mértékegységül a kWh-t használjuk (innét a hétköznapi "kilowattóra" elnevezés). Elvi bekötése azonos a wattmérőével: az áramtekercsére a fogyasztó áramát, a feszültségtekercsére a fogyasztó feszültségét kapcsolják. Tényleges bekötése mégis eltérő. Olyan szabványos csatlakozó felülettel (kapocsléccel) látják el, amely lehetővé teszi a hálózathoz érkező és a fogyasztóhoz továbbmenő vezetékek mindegyikének külön rögzítését. Rajzjele is eltér a többi műszertől: egy téglalapon belül a Ferraris-tárcsára utaló körön merőlegesen helyezkedik el az áramtekercs jelölő vastag, és a feszültségtekercs jelölő vékony vonal.

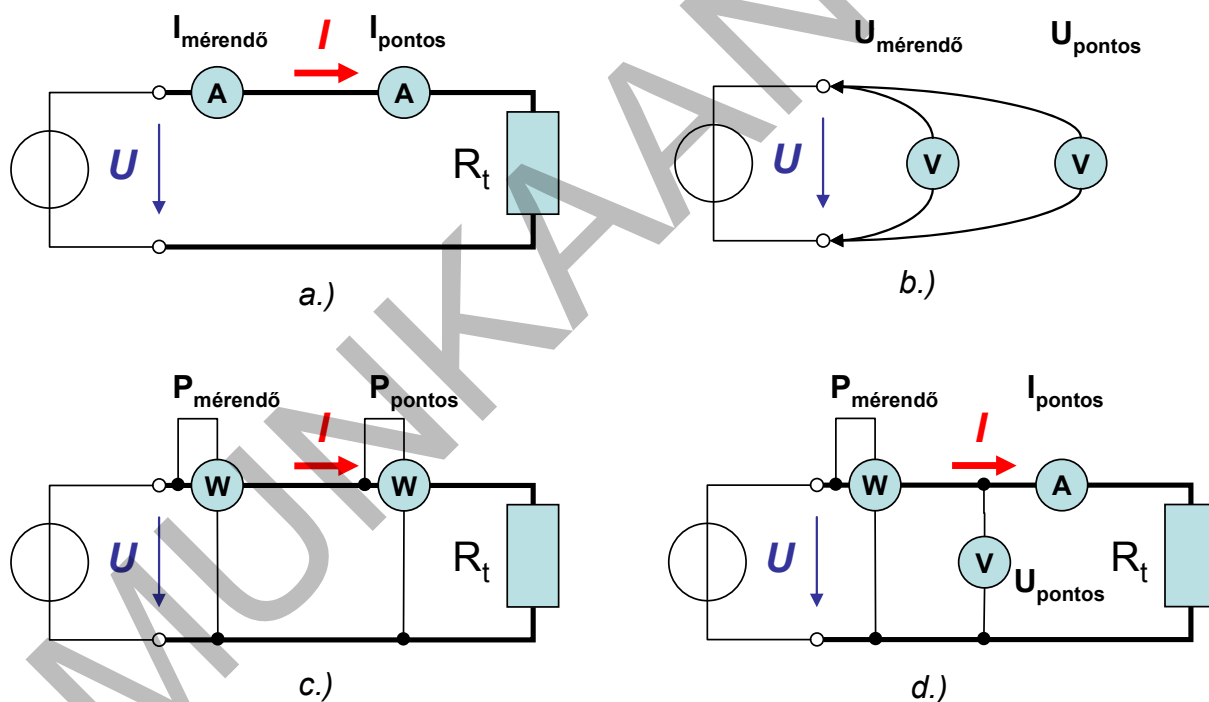


44. ábra. Egyfázisú fogyasztásmérő bekötése

A **hőelemes** és a **hőhuzalos műszerek** egyre kisebb szerepet kapnak a mérés technikában. Mindegyik működése az áram hőhatásán alapszik ezért a rájuk kapcsolt jel **effektív értékét mérik és mutatják**, egyen és váltakozó feszültség ill. áramon is használhatóak. A hőelem mint érzékelő az irányítástechnika ma is gyakran alkalmazott eszköze.

4. Elektromechanikus műszerek pontossága

Az elektromechanikus műszerektől is, mint minden mérőeszköztől alapvetően elvárt követelmény, hogy akkora értéket mutasson amekkora a mérendő mennyiség, vagyis **pontos legyen**. Azt, hogy mennyire pontosan mér egy műszer, úgy állapíthatjuk meg, hogy az általa mutatott értéket összehasonlítjuk egy másik, pontosabban mérő műszer által mért értékkel. Egy adott műszer pontosságának meghatározásakor ugyan azt a jelet kapcsoljuk a mérendő és a pontos műszerre (45. ábra). Ampermérőnél sorosan (a.), voltmérőnél párhuzamosan (b.) kapcsoljuk a műszereket. Wattmérő és fogyasztásmérő esetén vagy így járunk el (c.) –a két műszer áramtekercseit sorosan, feszültségtekercseit párhuzamosan kapcsoljuk– vagy wattmérőnél V és A mérőkkel (d.), fogyasztásmérőnél teljesítmény és időméréssel végezzük az ellenőrzést.



45. ábra. Összehasonlító mérések

Az összehasonlító mérést több értéknél kell elvégezni (lehetőleg minden főosztásnál), majd a mérés kiértékelése alapján állapíthatjuk meg, hogy mennyire pontosan mér a vizsgált műszer. A leírt folyamatot hitelesítésnek vagy kalibrálásnak is nevezik.

A hitelesítés lépései

1. *A pontos műszer kiválasztása:* legalább két osztállyal pontosabb legyen a mérendő műszernél.
2. *A véghelyzetek beállítása:* A két műszernek mindkét véghelyzetben (a "nullánál" és a legnagyobb mérhető értéknél "végkitérés") azonos értéket kell mutatni. Kikapcsolt állapotban mindkét műszer mutatójának a skála "0" pontjára kell mutatni, ha nincs így "nullázni" kell a műszereket (a nullázó csavarral 19. ábra 9). A mérendő műszer által mért legnagyobb értéket a pontos műszeren állítjuk be, ha ekkor a mérendő műszer mutatója nincs a véghelyzetben, módosítani kell a belső ellenállását.
3. *Összehasonlító mérések.* A villamos jel fokozatos csökkentése mellett több ponton (a mérendő műszer skálájának minden főosztásánál) mérési pontokat rögzítünk.
4. *Kiszámítjuk a mérési hibát.* Több számítást kell végeznünk:

Abszolút hiba (H): a pontos értéktől való eltérés

$$H = X_{\text{mért}} - X_{\text{pontos}}$$

Hibaigazítás (HI): a mért érték "korrekciója" (amennyit hozzá kell adni, vagy le kell vonni belőle, hogy pontos legyen).

$$HI = X_{\text{pontos}} - X_{\text{mért}}$$

Relatív hiba (h): megmutatja, hogy az elkövetett abszolút hiba a pontos értéknek hány százaléka.

$$h = \frac{X_{\text{mért}} - X_{\text{pontos}}}{X_{\text{pontos}}} \cdot 100 [\%]$$

Végkitérésre vonatkoztatott százalékos hiba (h_v): megmutatja, hogy az elkövetett legnagyobb abszolút hiba a végkitérésnek hány százaléka.

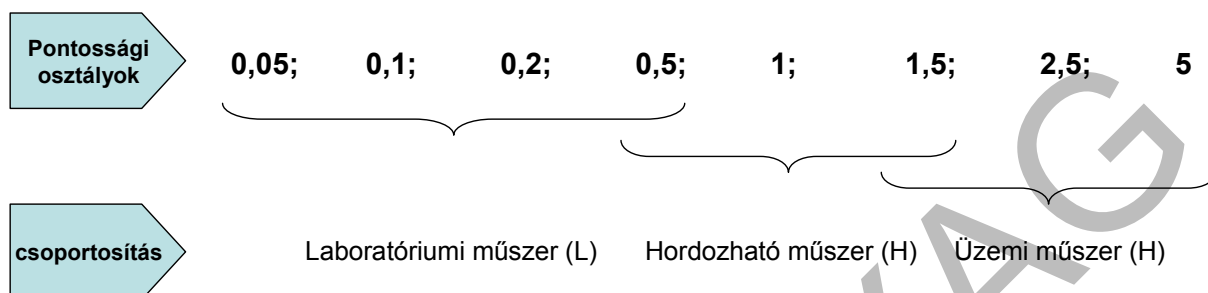
$$h_v = \frac{|H_{\text{max}}|}{X_{\text{végkitérés}}} \cdot 100 [\%]$$

A számítások megértését segíti az alábbi táblázat, amely egy voltmérő hitelesítésekor készült:

Mérés sorszáma	U _{mért} (V)	U _{pontos} (V)	H (V)	HI (V)	h (%)
1	120	120	0	0	0
2	110	110	0	0	0
3	100	99	1	-1	1,010101
4	90	89	1	-1	<u>1,123596</u>
5	80	79,5	0,5	-0,5	0,628931
6	70	70,6	<u>-0,6</u>	0,6	-0,84986
7	60	60,5	-0,5	0,5	-0,82645
8	50	50	0	0	0
9	40	40,2	-0,2	0,2	-0,49751
10	30	29,8	0,2	-0,2	0,671141
11	20	19,9	0,1	-0,1	0,502513
12	10	10	0	0	0

13 0 0 0 0 0

5. A számított hiba alapján pontossági osztályba soroljuk a mérendő műszert. Kétféle besorolási mód létezik, amelyekkel az elektromechanikus műszerek az alábbi pontossági osztályokba sorolhatók:



46. ábra. Elektromechanikus műszerek pontossági osztályai

- a) **A relatív hiba alapján:** az összes mérési pontban kiszámolt relatív hiba közül kiválasztjuk a legnagyobbat, és abba a pontossági osztályba soroljuk, amelyikbe még éppen "belefér". A fenti példában a 4. mérési pontnál adódott a legnagyobb relatív hiba: 1,123596, amely alapján a műszer az **1,5-ös** pontossági osztályba sorolható. Ezt a besorolást az egyetlen méréshatárral rendelkező műszereknél alkalmazzák, és a skálalapon egy **kört rajzolnak az osztályjel köré**.
- b) **A végkitérésre vonatkoztatott százalékos hiba alapján:** az abszolút hibák közül kiválasztott legnagyobb értékkel számolva:

$$h_v = \frac{|H_{\max}|}{U_{\text{végkitérés}}} \cdot 100 = \frac{|-0,6|}{120} \cdot 100 = 0,5[\%]$$

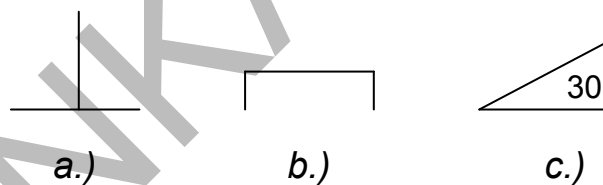
A számított érték alapján a műszer a 0,5-es pontossági osztályba sorolható. Ezt a besorolást a több méréshatárral rendelkező műszereknél alkalmazzák, és a skálalapon **nincs kör az osztályjel körül**.

5. Az elektromechanikus műszerek kivitele

A 46. ábra mutatja a csoportosítást. Azokat a műszereket, amelyekkel szemben nincs lényeges pontossági elvárás, csupán tájékoztató értékeket adnak, üzemi műszereknek (Ü) nevezzük. Ebbe a csoportba az 1,5–5 pontossági osztályú műszerek tartoznak. Ezek a műszerek általában beépítve, az üzemek villamos elosztószekrényeibe kerülnek. A villamos szakembereknek pontosabb műszerek kellene, olyanok, amelyeket a mérések helyszínére vihetnek. El kell viselniük az ezzel járó igénybevételeket (rázkódás, hideg–meleg stb.), ezért ennek megfelelő tokozással, védettséggel rendelkeznek. Ezek a műszerek a középmezőnyben szerepelnek: 0,5–1,5 pontossági osztályúak. Ez a csoport kapta a hordozható (H) elnevezést. A legpontosabb műszerekre a laboratóriumokban van szükség. Az elektromechanikus műszerek csak nagyon gondos megmunkálással, zavartatás nélkül képesek nagyon pontos mérésre. Sok esetben saját vízmértékkel rendelkeznek a megfelelő helyzetbe állításhoz, csak bizonyos hőmérsékleten használhatók stb. A laboratóriumi műszerek (L) családjába a legjobbak: 0,05–0,5 pontosságúak tartoznak.

6. Használati helyzet

Kényes szerkezetek az elektromechanikus műszerek. Más csapágyazás kell a függőleges és a vízszintes tengelyhez, nehezen viselik a rázkódást, a hőmérséklet ingadozását, stb. Csak akkor várható tőlük a pontos eredmény, ha abban a helyzetben használjuk, amelyre tervezték. Ügyeljünk rá, hogy műszer skálalapján megadott jelzés szerint helyezzük el a műszerünket! A 46. ábrán a függőleges (a), a vízszintes (b) és a 30°-ban döntött skálával (c) használható műszerek jelzései láthatók.



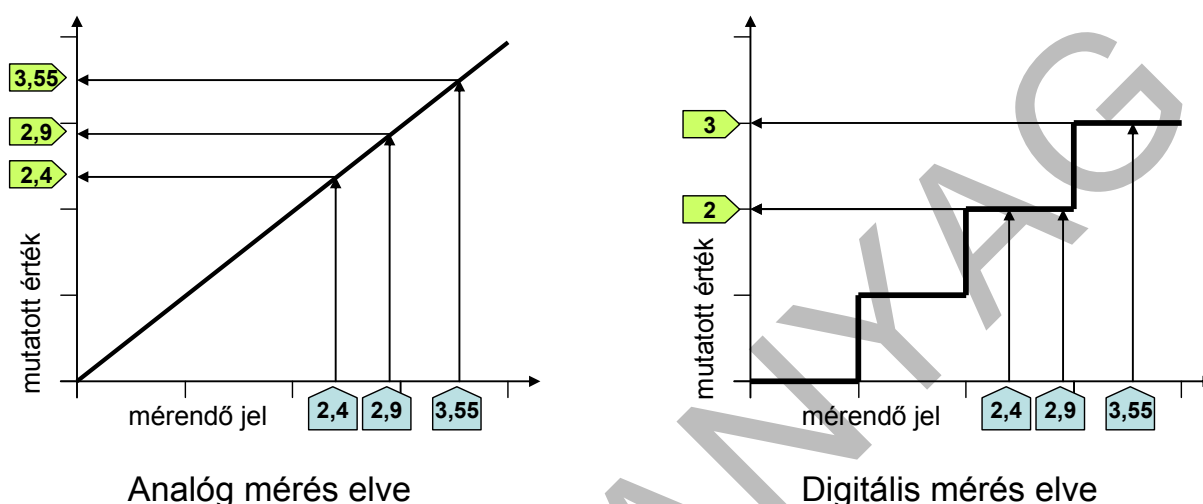
47. ábra. Használati helyzet jelölése

ELEKTRONIKUS MŰSZEREK

A mai kor műszerei. Nélkülözhetetlenek, nagy tudásúak, az áruk is elfogadható, a mérési eredményt számmal és grafikusán is ábrázolják. Szóval a jelen és a jövő műszerei következnek.

Elektronikusnak azokat a műszereket nevezzük, amelyek a vizsgált jelet elektronikus áramköreikkel dolgozzák fel és hozzák létre a vele arányos kimenőjelet, a mérési eredményt.

Két csoportba sorolhatók: **analóg és digitális** műszerek. A fogalmak a vizsgált jel és a műszeren mutatott érték kapcsolatára utalnak. Az analóg műszer minden pillanatban a mérendő értékkel arányos eredményt mutat. A digitális műszer "lépcsősen" mér: csak akkor változik meg a mutatott érték, ha a vizsgált jel egy szinttel magasabb tartományba kerül. A 48. ábrán pl. 2,4 V-os jelet, az analóg műszer 2,4 V-nak mutatja, a digitális pedig 2 V-nak. A jel növekedésekor az analóg folyamatosan jelzi a változást, míg a digitális csak akkor mutat változást, ha a mérendő jel a következő lépcsőre, 3 V fölé kerül.



48. ábra. Analóg és digitális mérési elv

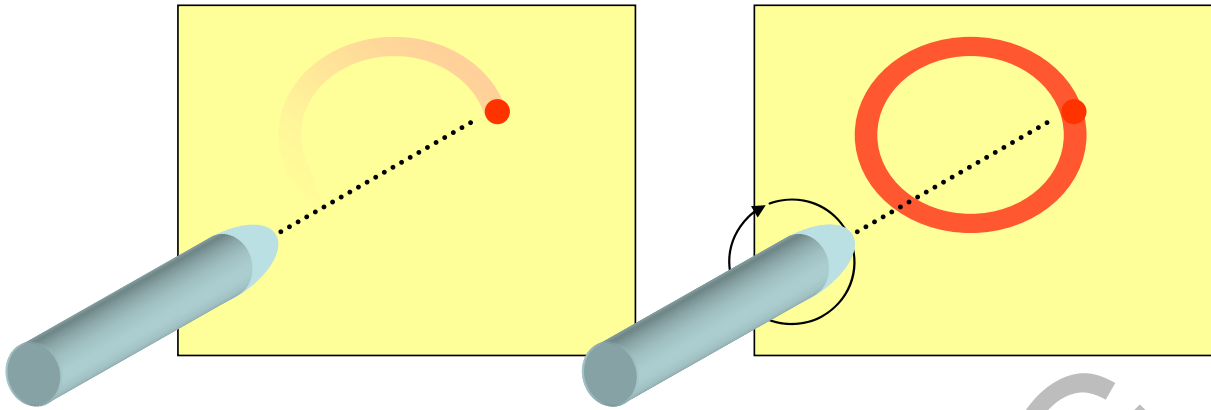
Analóg méréshez analóg átalakításra és analóg kijelzőre van szükség. Ilyenek az elektromechanikus, mutatós műszerek. A digitális műszerek között is van olyan, amely az átalakítást analóg módon végzi, de számkijelzője van, így nem képes folyamatos kijelzésre.

1. Analóg elektronikus műszerek

Sokféle analóg műszer volt használatban az elmúlt évtizedekben, mára azonban csak egy általánosan használt maradt az oszcilloszkóp.

Oscilloszkóp

Az oszcilloszkóp rajzoló műszer. Csak *feszültségjel érzékelésére alkalmas*, áramjelet feszültségjellé alakítva vizsgálhatunk vele. Eszközei eltérnek az elektromechanikus rajzolóműszerekétől, tintával papírra rajzolás helyett elektronsugárral képernyőre dolgozik. Hasonlóan, mint ahogy a lézermutatót gyorsan mozgatva a falra rajzolunk: a kezünkkel irányítva a lézersugarat, a falon ábrák jelenhetnek meg. A baj csak az, hogy nem marad meg az ábra. A szemüket becsapva mégis "látható", ha sokszor egymás után ugyanazt az ábrát ugyanoda "rajzoljuk, mint a 49. ábrán a kört.



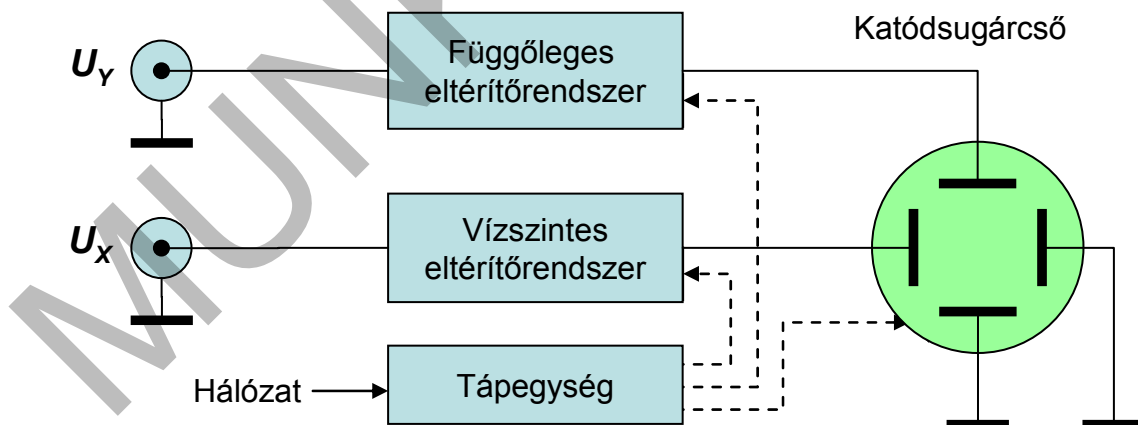
49. ábra. "Rajzolás" fénysugárral

Ezen az elven bármilyen villamos jel időfüggvényét, sőt jelleggörbéket (pl. erősítő átviteli karakterisztikája, dióda nyitóirányú jelleggörbéje stb.) is ábrázolhatunk. Csupán két dologra van szükség: gyorsan rajzoló eszközre és az eszközt mozgató szerkezetre. Gyakorlatilag ennek a megvalósítása az oszcilloszkóp.

a. Az oszcilloszkóp felépítése és működése

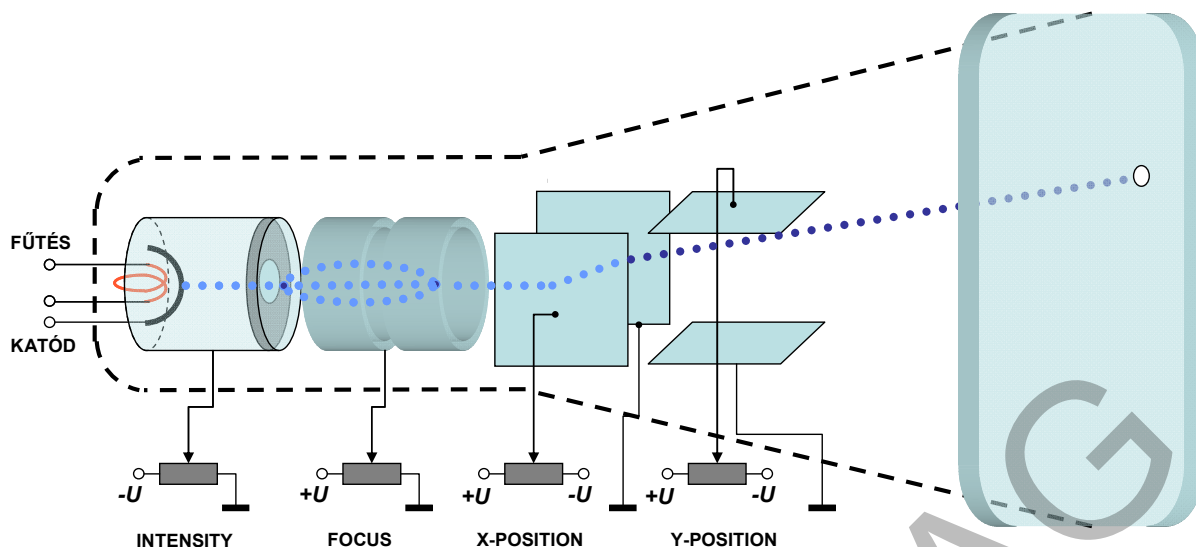
Négy fő részre bontható egy oszcilloszkóp.

1. Elektronsugárcső (Katódsugárcső, elektronágyú)
2. Függőleges eltérítő rendszer
3. Vízszintes eltérítő rendszer
4. Tápegység



50. ábra. Oszcilloszkóp egyszerűsített blokkvázlata

Az **elektronsugárcső** az oszcilloszkóp rajzoló eszköze. Fénysugár helyett elektronsugárral rajzol, melyet a képernyő fénypora tesz láthatóvá. Felépítése az 50. ábrán látható.



51. ábra. Katódsugárcső elvi felépítése

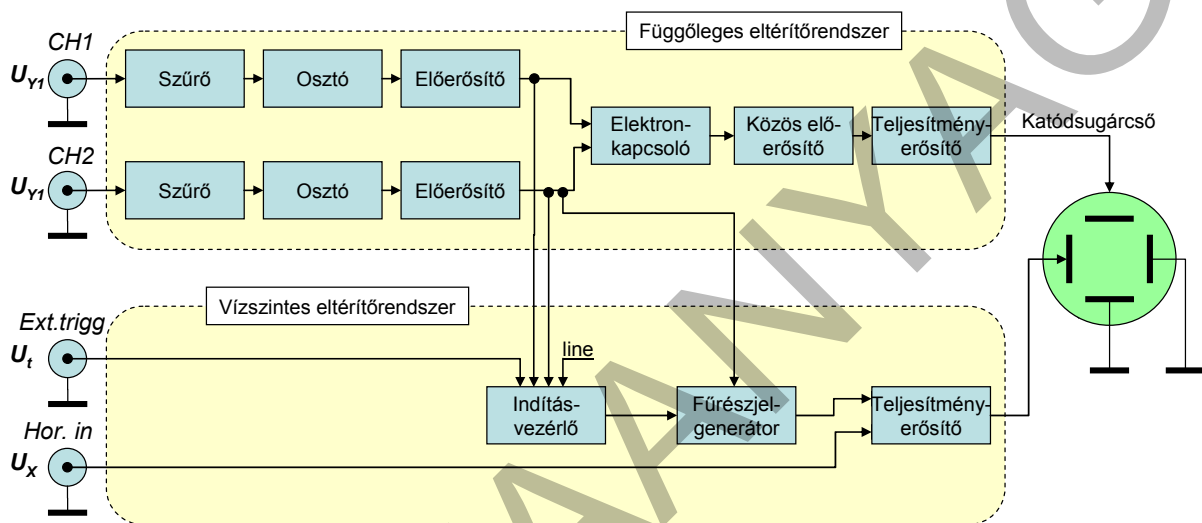
A fűtött **katódból** negatív töltésű **elektronok lépnek ki**, melyeket a pozitív feszültségű **anódrendszer vonzása felgyorsít**. A lendületbe jött elektronok a képernyő belsejére felvitt **fényporba csapódnak**. A becsapódáskor felszabaduló energia a képernyő másik oldalán (kívülről nézve) felvillanásként látszik. Folyamatos elektron-becsapódás folyamatosan fénylő pontot eredményez a képernyőn. Az elektronok rendezetlen mozgása miatt a fénypont átmérője nagy, rajzolásra nem alkalmas. *Wehnelt-hengerrel és fókuszráccsal* csökkenthető tűhegynyi méretűre a fénypont. A **Wehnelt-henger** a katód felől nyitott, a képernyő felől lyukas koronggal lezárt cső, melyre a képernyő mellett elhelyezett "**Intenzitás**" feliratú potenciométerrel negatív feszültség adható. Az elektronoknak át kell haladniuk a hengeren, ahol rájuk a negatív feszültség miatt minden oldalról taszító erő hat, így azok csak a henger középvonalán haladhatnak. A henger negatív feszültségének növelésével szabályozható, sőt "megállítható" az elektronáramlás, mert a korong is negatív és visszatartja őket. A hengerből a korongon lévő lyukon kilépő elektronok egymáshoz nagyon közel vannak, a fellépő taszító erő letéríti őket a kijelölt pályáról. Ezt akadályozzák meg a gyűrű alakú fókuszáló elektródák. Az intenzitás gomb mellett elhelyezett "**Focus**" feliratú potenciométerrel pozitív feszültséget adva a **fókuszáló elektródákra**, a Wehnelt-hengerből kilépő elektronok felgyorsulnak és egymástól messzebb kerülnek.

Az elektronsugár két lemezpár között folytatja útját. A lemezpárokra kapcsolt egyenfeszültség hatására a polaritástól függően megváltozik a haladási irányuk. Az **X-lemezpárral vízszintes**, az **Y-lemezpárral függőleges** irányba hozható létre kitérés. A lemezpárok feszültségének változtatásával tetszőleges irányba téríthető az elektronsugár. A képernyő általában téglalap alakú, vízszintesen 10, függőlegesen 8 osztásból álló rácsozással.

A **függőleges eltérítőrendszer** feladata a bementre érkező jel szerint az Y-lemezpárok vezérlése. Több részre bontható:

- Szűrő (csatoló)
- Osztó
- Előerősítő
- Elektronkapcsoló
- Közös előerősítő
- Teljesítményerősítő

A továbbiakban egy olyan oszcilloszkópot vizsgálunk, amelynek függőleges eltérítőrendszere két jelet képes fogadni, az ún. kétsugarasított oszcilloszkópot. A két bemenet az elektronkapcsolóig azonos elemeket tartalmaz.



52. ábra. Kétsugarasított oszcilloszkóp blokkvázlata

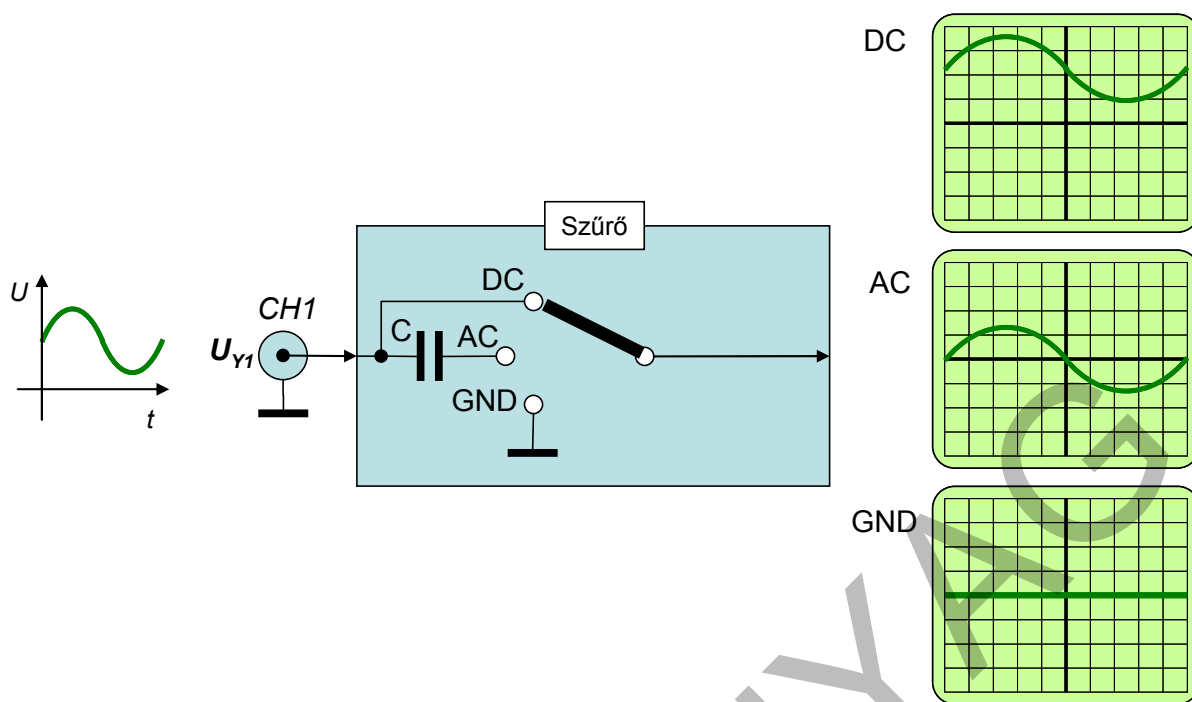
A **szűrő** a bemenetre érkező jel továbbhaladását szabályozza. A bemeneti jeleket egy-egy bajonettzáras csatlakozó (BNC) fogadja.

Vigyázat! A BNC csatlakozók külső érintkezője (hidegpont) az oszcilloszkóp testével galvanikusan össze van kötve. Az ide érkező jelek ezen keresztül egymással érintkezésben vannak. Egy áramkörön belül a két bemenet hidegpontja csak ugyanazon helyre köthető!

Az előlapon található a háromállású kapcsoló szerepe:

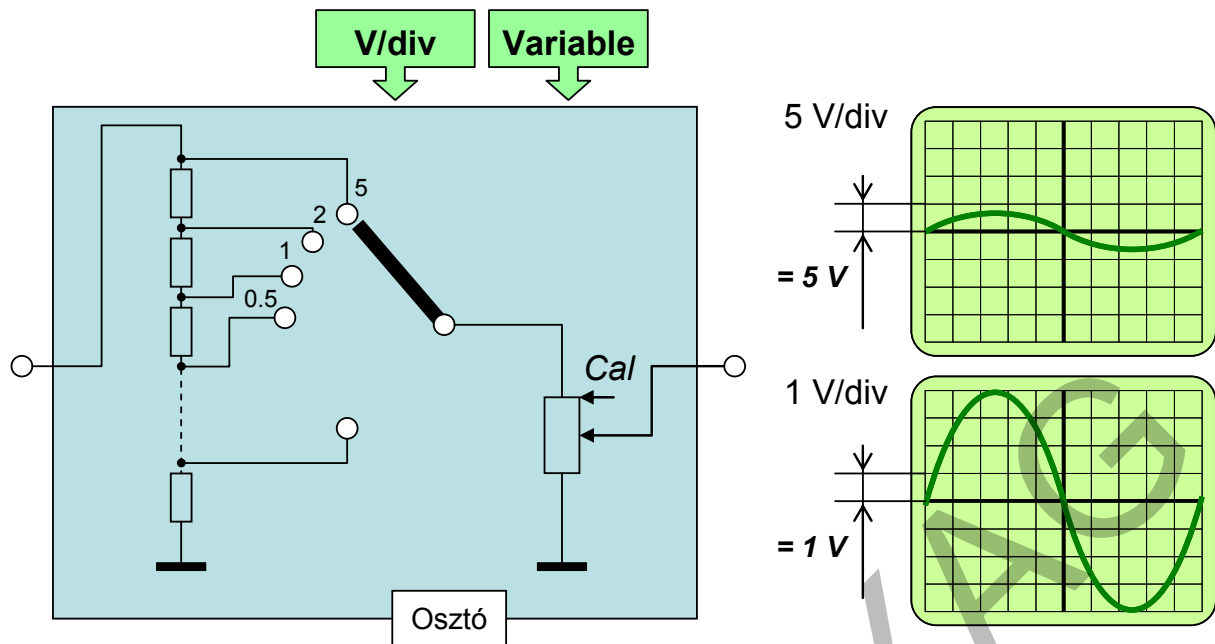
- **AC** állás: A jelből kiszűri az egyenáramú összetevőt, csak a váltakozó áramú részét engedi tovább.
- **DC** állás: A teljes jelet továbbengedi.
- **GND** állás: A jelet nem engedi tovább. Helyette 0 V-os jelet (test) küld a következő fokozatra.

Az 53. ábra a bemenetre kapcsolt összetett jelet mutatja a képernyőn a kapcsoló DC-AC-GND állásainál. (A 0 V a képernyő közepére van beállítva.)



53. ábra. Jelszűrés

Az **osztó** az elektromechanikus műszereknél megszokott méréshatár-váltó szerepét tölti be. A szűrőből érkező jelet *több fokozatú, hiteles osztóval* kis jelszintre csökkenti. Az osztó kapcsolója az előlapon található, minden állásánál egy számmal jelzik, hogy a képernyő egy osztása (kb. 1 cm) mekkora feszültségnek felel meg. Az osztóval biztosítható az a követelmény is, hogy a műszer *bemeneti impedanciája nagy (kb. 10 MΩ)*, és *minden méréshatárban azonos legyen*. Az 54. ábrán látható megoldásnál mindkét feltétel teljesül. Az osztólánc kimenetén egy újabb, potenciométeres feszültségosztó (VARIABLE) van. A jelet tovább csökkenti, segítségével a képernyő jele "összehúzható", *de ekkor pontos mérés nem végezhető!*



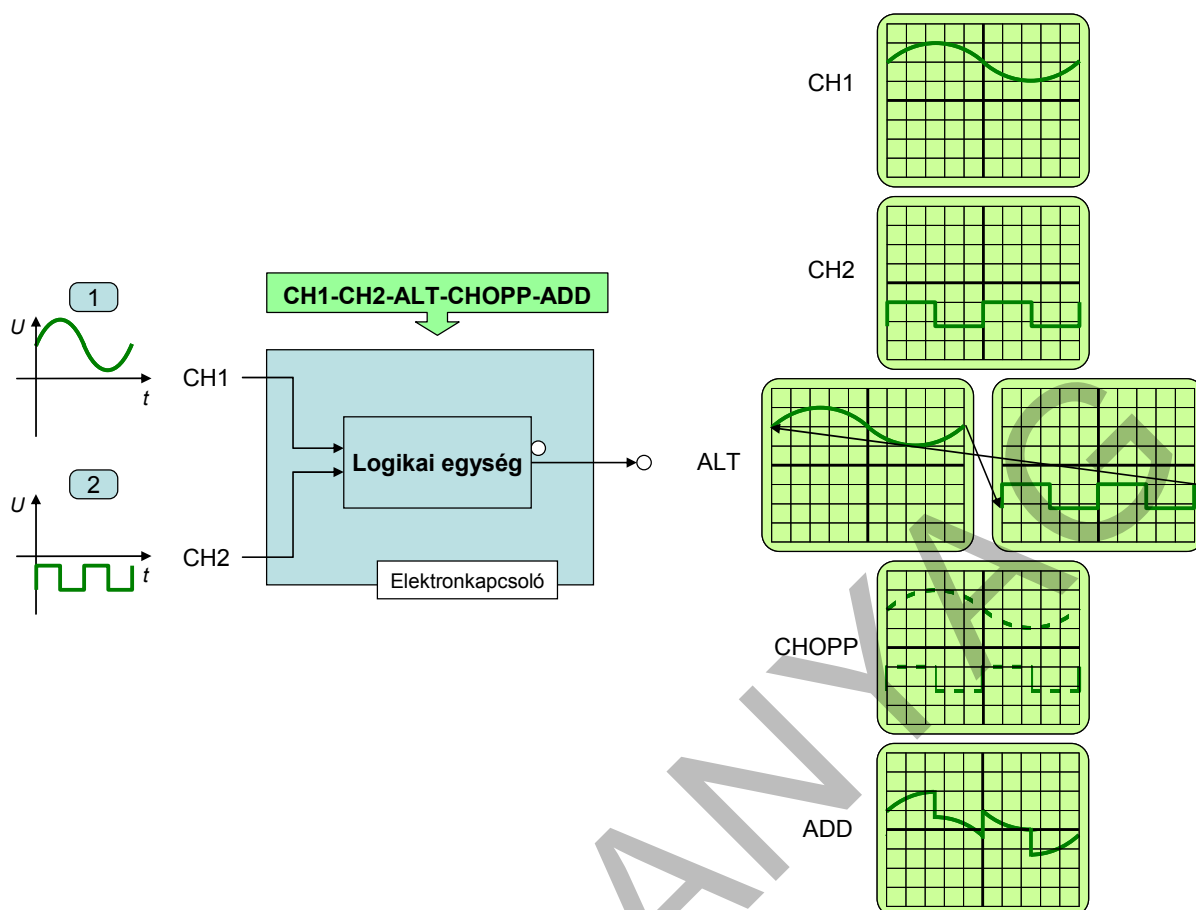
Vigyázat!
Pontos mérés csak a **Variable Cal.** állásában végezhető!

54. ábra. Jelosztás

Az **előerősítő** feladata a jelerősítés, hogy a további fokozatok megfelelő jelszinttel dolgozhassanak.

Az **elektronkapcsoló** a "kétsugarasítás" felelőse, a két bemeneti jel továbbhaladását szabályozza. Az előlapon elhelyezett négy- vagy ötállású kapcsolójával az alábbi lehetőségek közül választhatunk:

- CH1: az *egyes bemenetre* (csatornára) érkező jelet engedi tovább
- CH2: a *kettes bemenetre* (csatornára) érkező jelet engedi tovább
- ALT (ALTERNATE): *váltakozva* engedi tovább a két jelet
- CHOPP (CHOPPED): *szaggatva*, hol az egyikből, hol a másokból enged tovább egy kis darabot
- ADD (ADDED): a két jelet *összeadja* és úgy engedi tovább



55. ábra. Jeltovábbítás elektronkapcsolóval

Közös előerősítőre van szükség, hogy a teljesítményerősítő megfelelő nagyságú jelet kapjon.

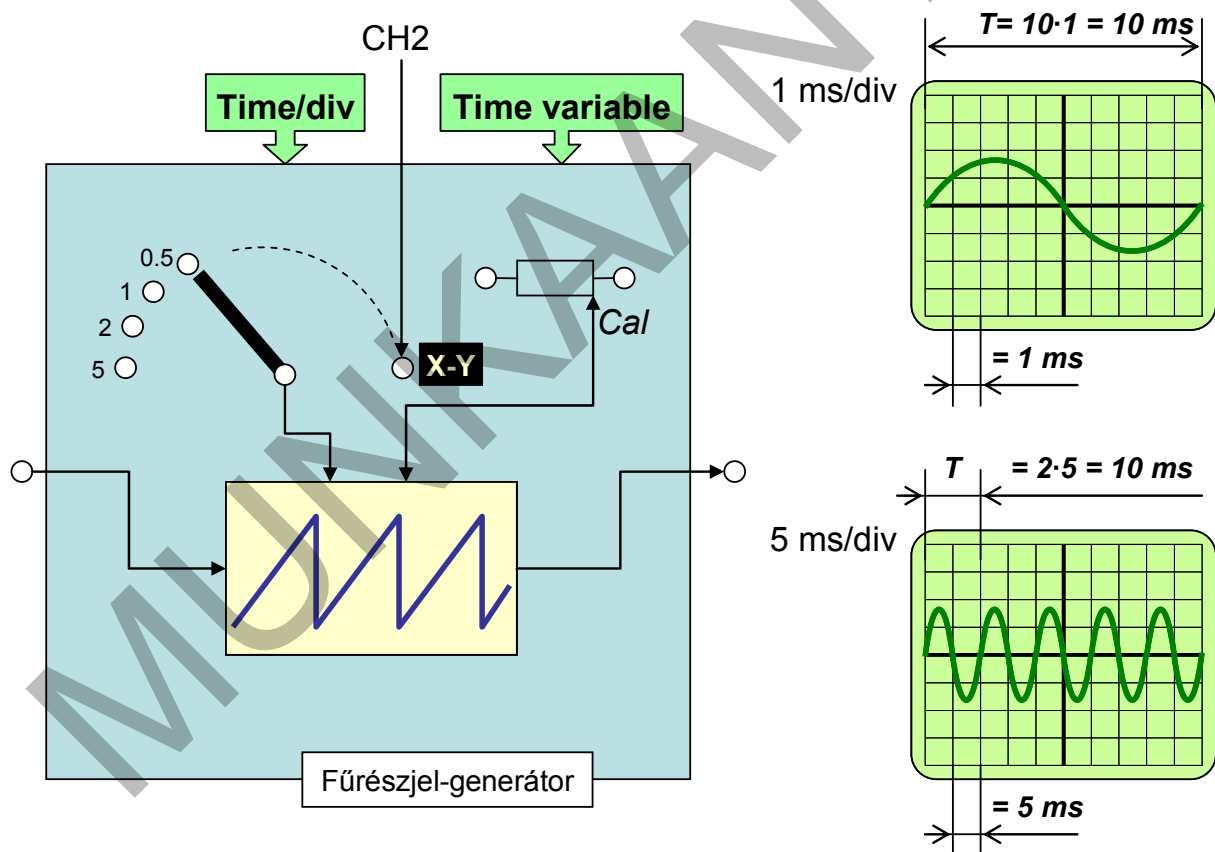
A **teljesítményerősítőnek** olyan nagy feszültséget kell a kimenetén biztosítania, hogy a lemezpárokkal az elektronsugár a bemenetre kapcsolt jellel arányosan, a képernyő teljes hosszában eltéríthető legyen.

A **vízszintes eltérítőrendszernek** is több feladata, eleme van. A három legfontosabbat az 52. ábra is mutatja:

- Indításvezérlő
- Fűrészjel-generátor
- Teljesítményerősítő

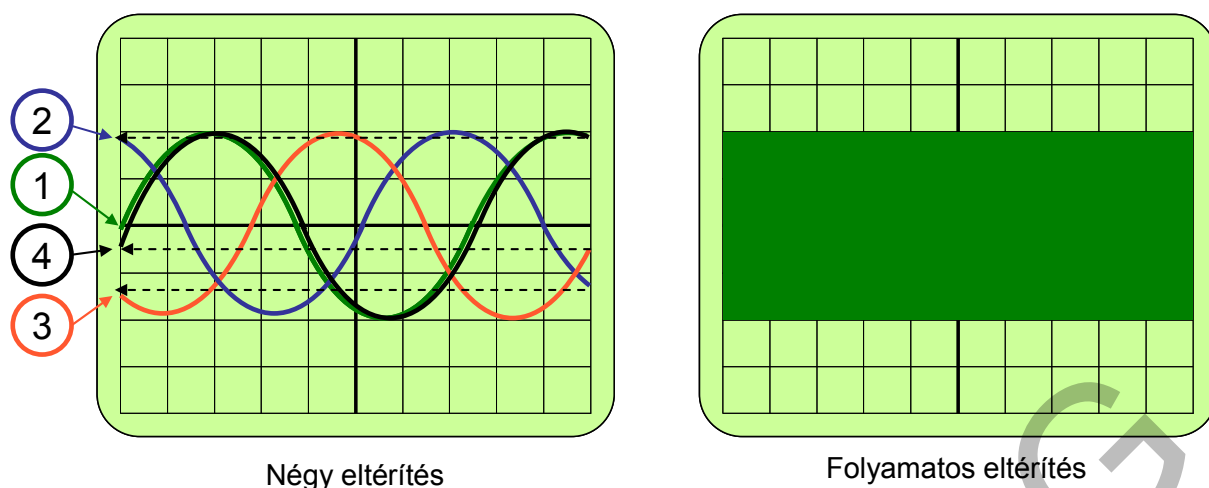
A **teljesítményerősítő** feladata azonos függőleges eltérítőrendszerben megismertével, az X-lemezpár megfelelő feszültségének biztosítása.

A **fűrészjel-generátor** teszi láthatóvá az oszcilloszkóp bemeneteire kapcsolt jelet. Nélküle az 53–54–55 ábrák képernyőinek közepén csak egy függőleges vonalat látnánk, mivel a függőleges eltérítőrendszer csupán függőleges irányban mozgatja az elektronsugarat. A fűrészjel-generátornak olyan feszültséget kell az X-lemezpárra juttatnia, amely először *a képernyő bal szélétől a jobb széléig egyenletes sebességgel mozgatja az elektronsugarat, majd hirtelen visszatéríti a bal szélre*, a kiinduló helyzetbe. A visszatérés alatt a Wehnelt-hengerre kapcsolt negatív feszültség kioltja az elektronsugarat, így az "visszafele" nem rajzol. Az előlapon elhelyezett TIME/DIV kapcsolóval lehet beállítani az ismétlődés ütemét. A kapcsoló állásainál feltüntetett szám azt mutatja, hogy mennyi idő telik el amíg az elektronsugár egy egységnyit (kb. 1 cm) halad. A nagyon pontos időzítés teszi lehetővé az ábrázolt jel periódusidejének meghatározását. A legtöbb oszcilloszkópnál a TIME/DIV kapcsoló utolsó állása X–Y jelzésű. Ebben az állásban a fűrészjel-generátor nem a fűrészjelet, hanem a CH2 bemenet jelét továbbítja a képernyőre. Ez teszi lehetővé két jel kapcsolatának ábrázolását (pl. erősítő átviteli karakterisztikája). Itt is beépítettek egy potenciométert (TIME VARIABLE), aminek használatával "összébb húzható" a jel, de ekkor már nem igaz a kapcsolónál feltüntetett érték, mérést végezni nem szabad.



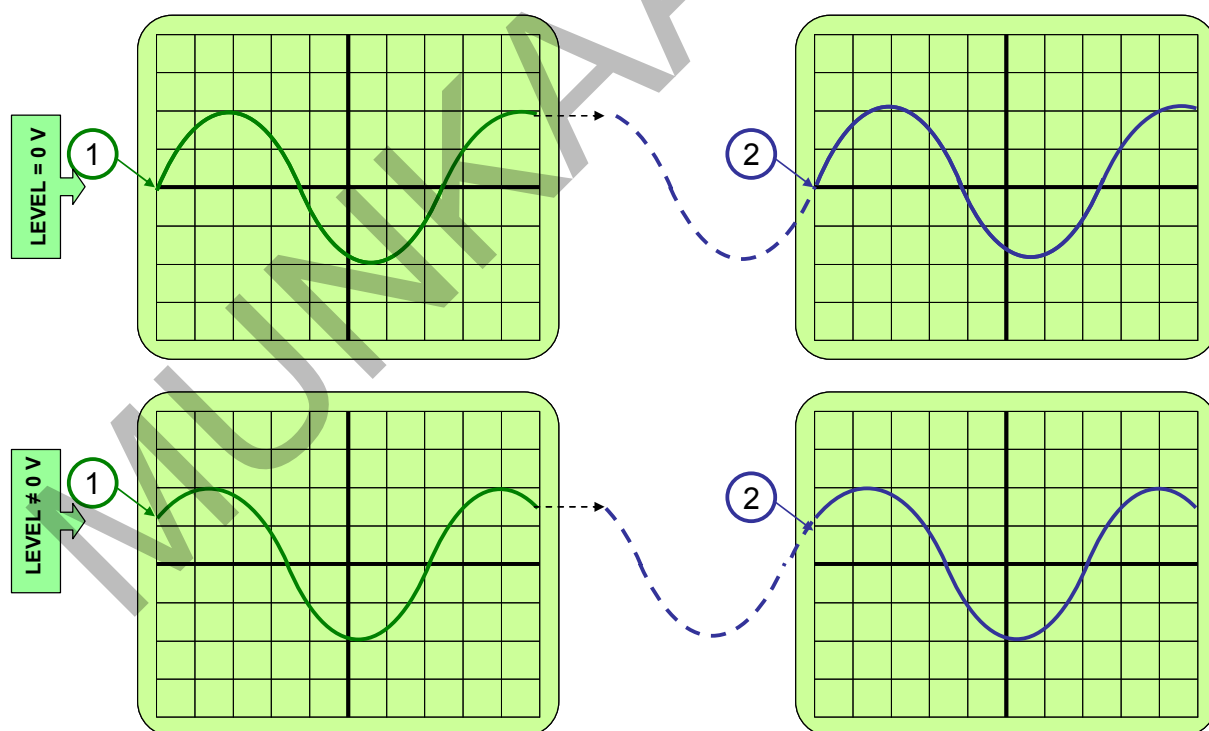
56. ábra Fűrészjel-generátor

Jelentős szerep jut az **indításvezérlőre**. Az 57. ábrán látható, hogy milyen sok jelet látnánk (ha látnánk!) a képernyőn nélküle. A fűrészjel ugyanis nagyon gyorsan visszatéríti az elektronsugarat a képernyő bal szélére, így a jelábrázolás onnét folytatódna, ahol előtte a jobb szélén volt.



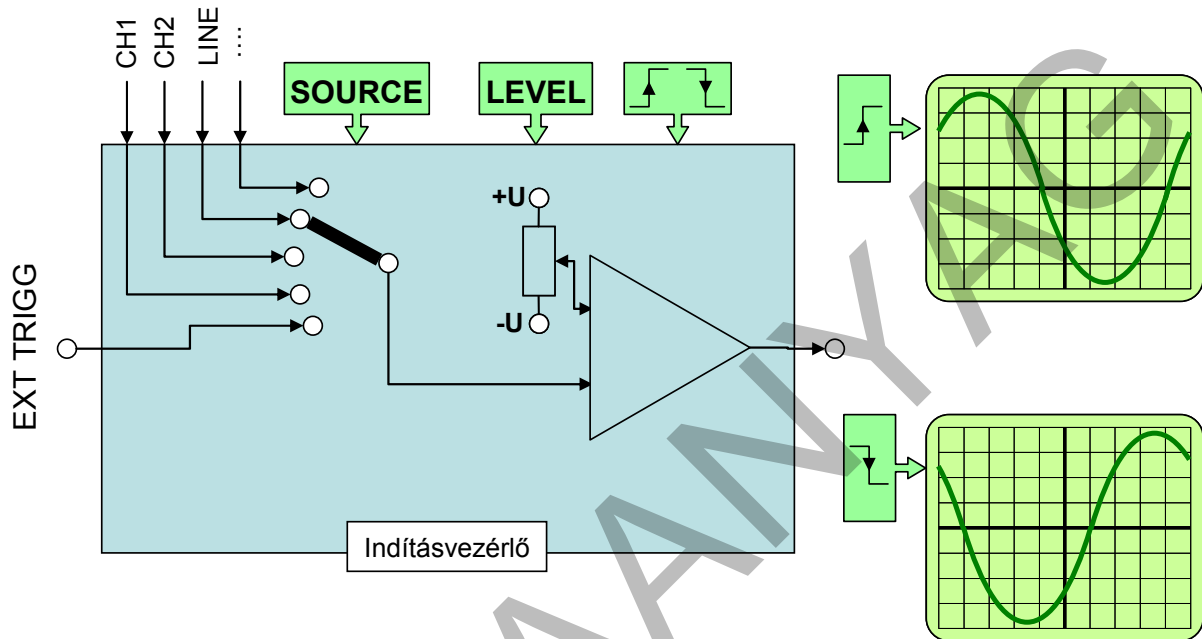
57. ábra. Nem szinkronozott jelábrázolás

A kusza, értékelhetetlen, mozgó ábrázolást szünteti meg az indításvezérlő és teszi a képet "állóvá", vagyis *szinkronozza*. Egyszerű várakoztatást végez. A visszatért elektronsugarat mindaddig nem engedi újra "végigfutni" amíg az ábrázolandó jel az előző futás kezdeti helyzetébe nem kerül. Egy feszültség-összehasonlító (komparátor) egyik bemenetén az ábrázolandó jel, a másikon az előlap "LEVEL" feliratú potenciométerével beállított feszültség van. Amikor a két jel egyenlő nagyságú "megindulhat" az elektronsugár.



58. ábra. Szinkronozott jelek

Több kapcsoló is tartozik az indításvezérlőhöz. Sok műszernél kiválasztható, hogy a jel növekedésekor (felfutás) vagy csökkenésekor (lefutás) beálló egyenlőségnél indulhat a rajzolás. Egy másik kapcsolóval (SOURCE) választható meg, hogy milyen jel kerül a komparátorra. Lehet valamelyik csatorna jele (CH1, CH2, LINE ...), külső jel (az EXT TRIGG bemenetre kapcsolt jel), a közös előerősítő jele, vagy a hálózati feszültség. Ez utóbbi előnyösen használható a hálózati feszültségből előállított jelek vizsgálatánál.



59. ábra. "Felfutó" és "lefutó" jelre történő indítás

Tárolás analóg oszcilloszkópok

A megismert oszcilloszkóp a periodikusan ismétlődő jelek ábrázolására alkalmas. Egyszer végbemenő változások ábrázolására nem. Átmeneti jelenségek (kondenzátor töltésének-kisülésének feszültsége, zárlati áramok alakulása) vagy egyáltalán nem, vagy csak a változás többszöri megismétlésével ábrázolhatók. Az analóg tárolás a katódsugárcső megfelelő kialakításával lehetséges. Speciális fényporral elérhető, hogy a változás lezajlása után sokáig (órákig, akár napokig) "világítson" a képernyő, tárolva a vizsgált jelet. Nem terjedt el a műszer, mert a tárolás nem örökös, nem elektronikus és a műszer is nagyon drága.

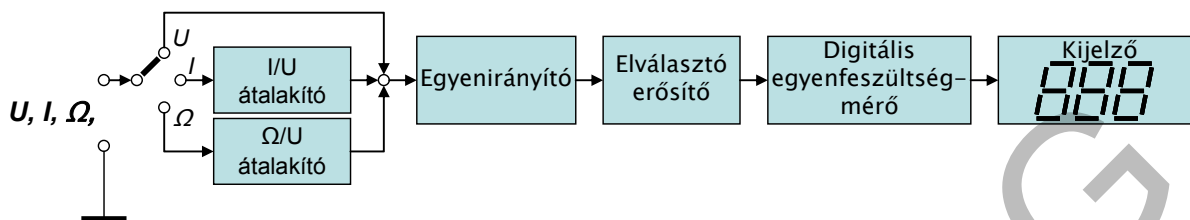
2. Digitális elektronikus műszerek

A digitális műszerek **részleges információt szolgáltatnak** a vizsgált jelről. Vagy csak bizonyos időpontokban mérnek, vagy a mérés eredménye nem jelezhető pontosan.

Vigyázat! Itt a pontosság úgy értendő, hogy csak bizonyos értékek jelezhetők. Azok viszont nagyon-nagyon közel lehetnek mérendő értékhez, így a műszer pontossága sokkal jobb is lehet, mint az elektromechanikus műszereké.

a. Digitális multiméterek (DMM)

A digitális multiméterek "lelke" a digitális feszültségmérő. Multiméterré (sok jellemző mérésére alkalmas műszer) úgy válik, hogy a többi mérendő mennyiséget feszültségjellé alakítja, mint azt a 60. ábra blokkvázlata mutatja.

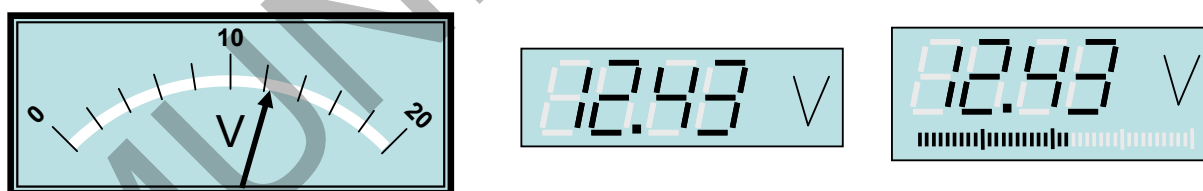


60. ábra. Digitális multiméter általános felépítése

Egy "átlagos" DMM-el mérhetünk:

- Egyen- és váltakozó feszültséget
- Egyen- és váltakozó áramot
- Ellenállást és folytonosságot
- Frekvenciát
- Félvezetők (dióda és tranzisztor) jellemzőit

A műszer **kijelzője** nem minden esetben számkijelző. Folyamatok vizsgálatakor a változást kell szembetűnően jelezni, amit egy mutató helyzetének megváltozása jobban érzékeltet. Ugyancsak segít a vonalkijelző alkalmazása. A számkijelző alatt helyezik el, és a méréshatárral arányosan mutatja a jel nagyságát. A 61. ábra a 12,43 V feszültséget mérő DMM kijelzőire mutat példákat.

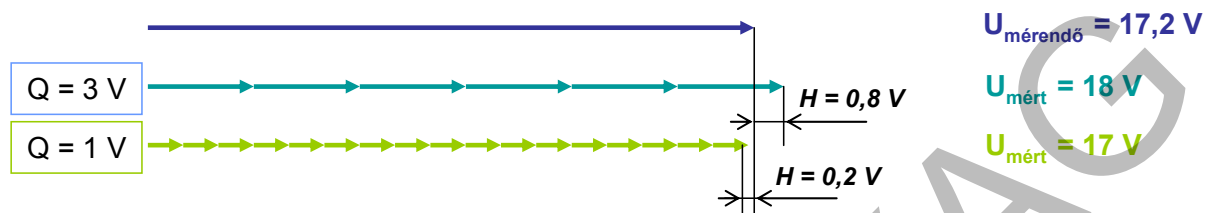


61. ábra. DMM kijelzői

A DMM mérője a **digitális egyenfeszültség-mérő**. Három fajtája terjedt el, mindegyik más módon végzi a mérendő jel digitalizálását.

- Kiegyenlítéses
- Feszültség-idő átalakítós
- Kettős meredekségű

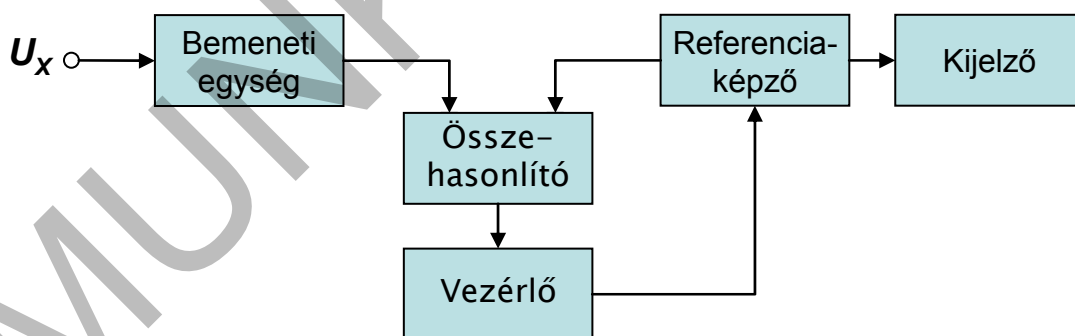
Digitalizálás: a műszer megszámlolja, hogy a bemeneti jel hányszor akkora mint az egységnyiinek választott érték. A 61. ábra műszerének lehet 0,01 V az egysége, így mérhető és ábrázolható 12,43 és 12,44 volt feszültség. Nem tudja ábrázolni a kettő közötti értékeket pl. a 12,432 V–ot, ezért is mondjuk, hogy csak részleges információt szolgáltat. A választott egységet kvantumnak nevezzük. Minél kisebbre választjuk, annál pontosabban ábrázolható a mérendő érték. A mérés során elkövetett abszolút hiba a kvantum fele : $H_{\max} = Q/2$. A kvantálásból eredő hibára mutat példát a 62. ábra.



62. ábra Kvantálás hatása a mérési pontosságra

Kiegyenlítéses digitális feszültségmérő

A mérendő jel pillanatértékét méri. Elve a 62. ábrán jól követhető: addig változtatja a kvantumokból összerakott referencia értéket (U_r), amíg a legjobban megközelíti a mért értéket. A kijelzőn a felhasznált kvantumszámot mutatja. Ha a kvantum értéke 10 hatványa (0,001; 0,1 stb.) akkor csak a tizedesvesszőt kell megfelelő helyre tenni. A műszer blokkvázlata a 63. ábrán látható. A mérés addig tart, amíg az *összehasonlítás (komparálás)* → *referencia módosítás* → *összehasonlítás* → ... ismétlődő folyamatban az $U_{\text{mérendő}}$ és U_r különbsége fél kvantumon belülre kerül.

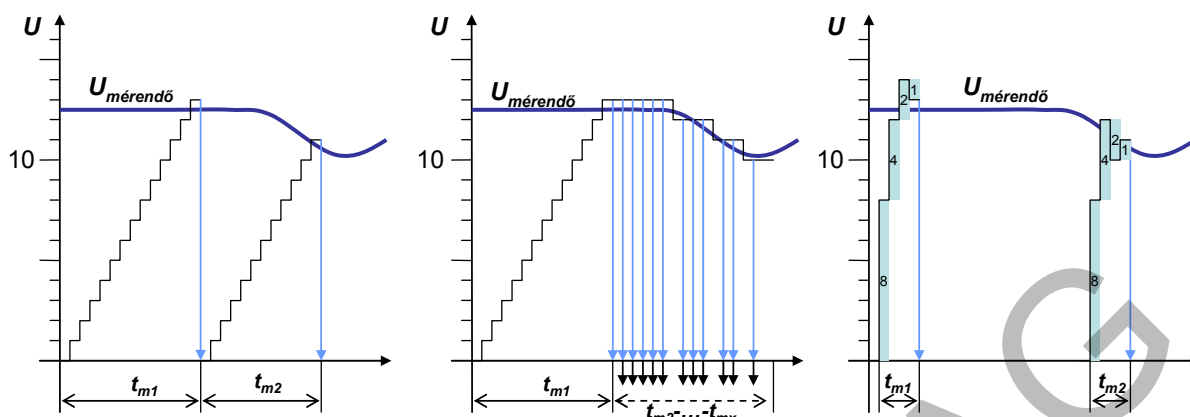


63. ábra. Kiegyenlítéses feszültségmérő egyszerűsített blokkvázlata

A **bemeneti egység** minden műszernél azonos, az oszcilloszkópnál megismert felépítésű, csak nincs VARIABLE potenciométer. Ezzel biztosítható a méréshatár-váltás és az állandó, nagy bemeneti impedancia (kb. 10 MΩ). A vezérlő több módon is képezheti a kvantumból a referenciát. A három leggyakoribb kiegyenlítés (64. ábra) :

- Lépcsős kiegyenlítés
- Követő kiegyenlítés

– Előírt sorrendű kiegyenlítés



64. ábra. Kiegyenlítési elvek: lépcsős, követő, előírt sorrend

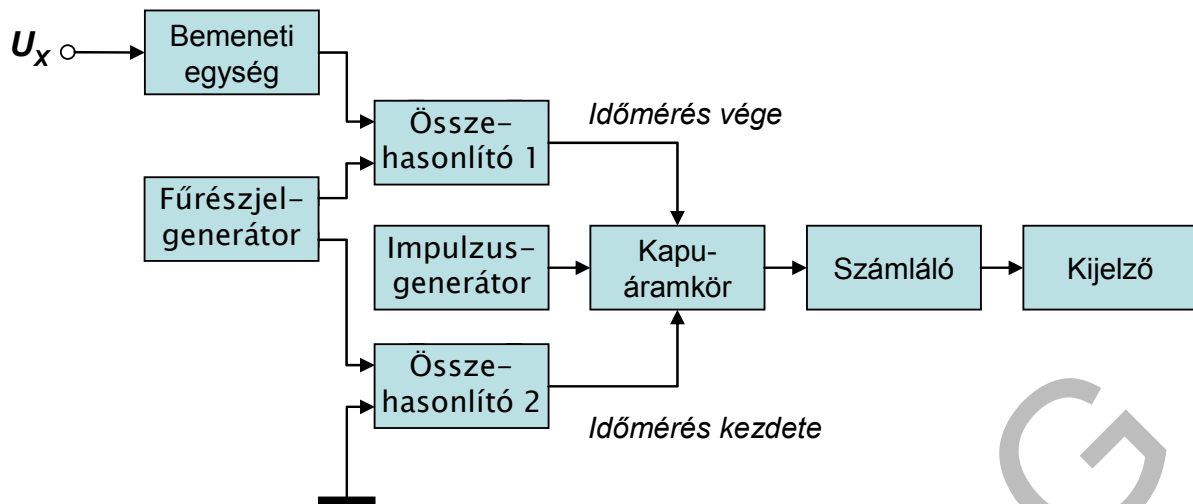
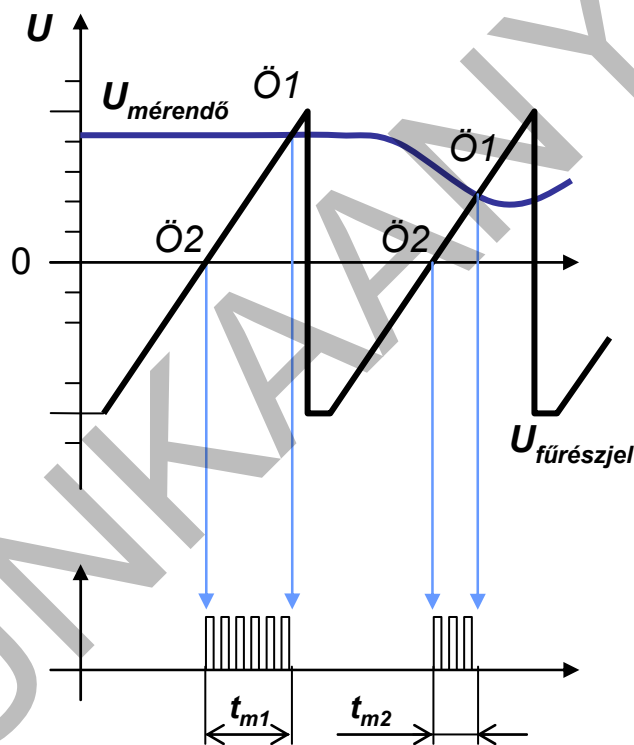
A **lépcsős kiegyenlítés** "nulláról" kvantumonként építi fel a referenciát. Minden összehasonlítás után egy kvantummal növeli a referencia (U_r) értékét. A folyamat –a mérés– addig tart, amíg a mérendő értéket eléri a referencia, illetve a különbség egy kvantumon belülre kerül, azután kezdődik előlről. A folyamatot ábrázolva lépcsős diagramot kapunk $\rightarrow$ innét az elnevezés. Hátránya, hogy *ritkán és nem állandó időközönként* ad információt a jelről.

A **követő kiegyenlítés** az első mérésnél lépcsős kiegyenlítést alkalmaz. A további méréseknél viszont onnét folytatja a kiegyenlítést, ahol az előző mérésnél abbahagyta. Sokkal *gyakrabban ad információt a jelről, de nem azonos időközönként*.

Az **előírt sorrendű kiegyenlítés** elve biztosítja a gyors és állandó időközönkénti mérést (mintavételt). A kettes (bináris) számrendszeren alapszik $\rightarrow$ a referencia értékét megadott sorrendben, a kettő hatványai szerint növeli vagy csökkenti. Az ábrán négy lépésben megtörténik a kiegyenlítés, négy hatványérték $2^3, 2^2, 2^1, 2^0$ vagyis 8, 4, 2, 1 alapján módosítva a referenciát. A legnagyobb hatványérték szerint $8Q$ -ra állítja először U_r -t, majd az összehasonlításnál látva, hogy ez kevés, megnöveli a következő hatványérték szerint $4Q$ -val. Újabb összehasonlítás $\rightarrow$ még most is kicsi $\rightarrow 2Q$ -val ismét növeli, de ez már sok $\rightarrow 1Q$ -val csökkenti. És itt a vége. Minden kiegyenlítés négy lépésből sikeres. Gyakran, és állandó időközönként szolgáltat információt. A hiba viszont $1Q$ is lehet. A pontos feszültségméréshez 10–12 hatványértéket használnak. Ekkor ugyan nő a mérési idő (a kiegyenlítéshez 10–12 lépés szükséges), de sokkal pontosabb lesz a mérés.

Feszültség-idő átalakítós digitális feszültségmérő

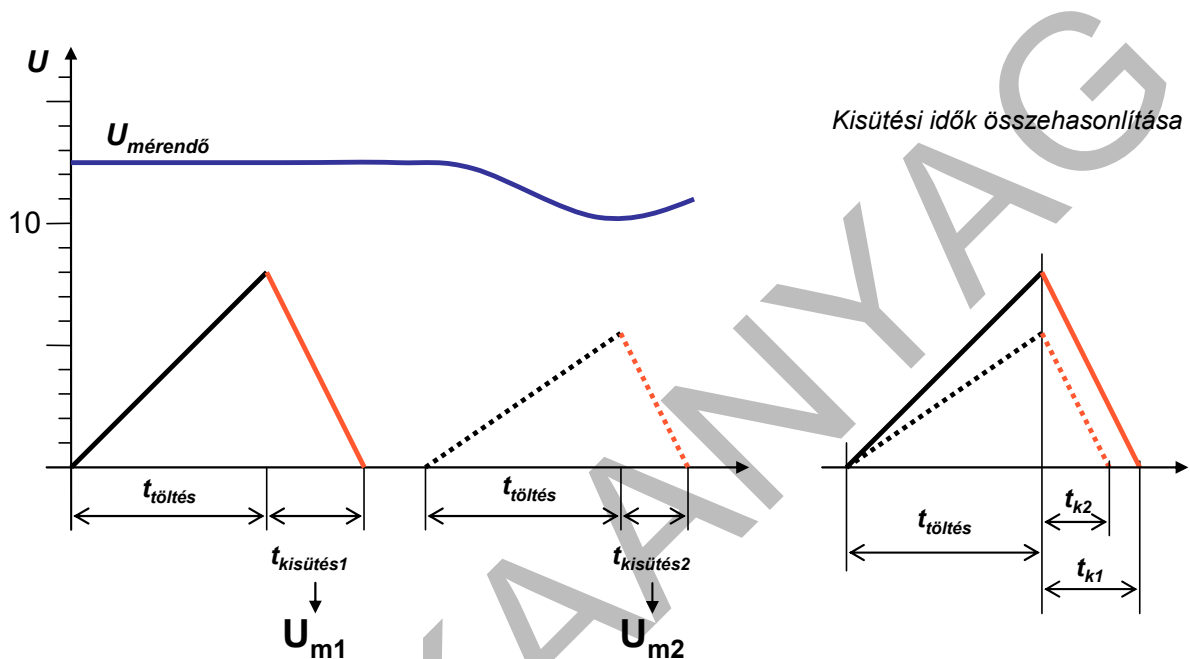
A mérendő jel pillanatértékét méri. A mérendő feszültséget egy folyamatosan növekvő (fűrészjel) feszültséggel hasonlítja össze. A mérés addig tart, amíg a két jel azonos lesz. Az azonosságig több idő telik el nagyobb mérendő jel, és kevesebb a kisebb mérendő jel esetén. A 65. ábrán a műszer blokkvázlata látható.

65. ábra A feszültség-idő átalakítás blokkvázlata (+ U_x)66. ábra. A feszültség-idő átalakítás elve $+U_{\text{mérendő}}$ esetén

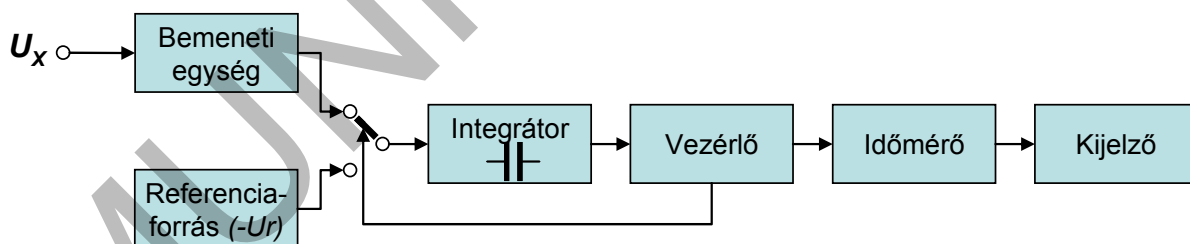
Pozitív mérendő feszültség esetén az időmérés a fűrészjel 0 V-os értékénél indul. Az Összehasonlító2 ekkor "nyitja" a kaput, amelyen keresztül impulzusok jutnak a számlálóra. A kaput "bezárja" Összehasonlító1 amikor a mérendő feszültséggel azonosra nő a fűrészjel. A számláló a kapun áthaladó impulzusok számát a kijelzőre küldi. Negatív mérendő feszültségnél a két összehasonlító szerepe felcserélődik.

Kettős meredekségű digitális feszültségmérő

Gyakorlatilag itt is feszültség-idő átalakítás történik, de most a feszültség átlagértékét méri. Ezt az elvet használja a legtöbb digitális voltmérő. A bemeneti feszültséggel $t_{\text{töltés}}$ ideig – *minden mérésnél azonos* – egy kondenzátort tölt (Integrátor). A töltés végén a kondenzátor feszültsége a mérendő jel átlagos nagyságával lesz arányos. Ezután *feszültségének egyenletes csökkentésével* kisüti a kondenzátort, és méri a közben eltelt időt ($t_{\text{kisütés}}$). A mérendő feszültség átlagértéke a kisütéskor mért idővel arányos, ezt mutatja a műszer kijelzője. A "kettős meredekség" kifejezés a két változás (töltési és kisütési) meredekségének különbözőségére utal.



67. ábra. A kettős meredekségű mérés elve

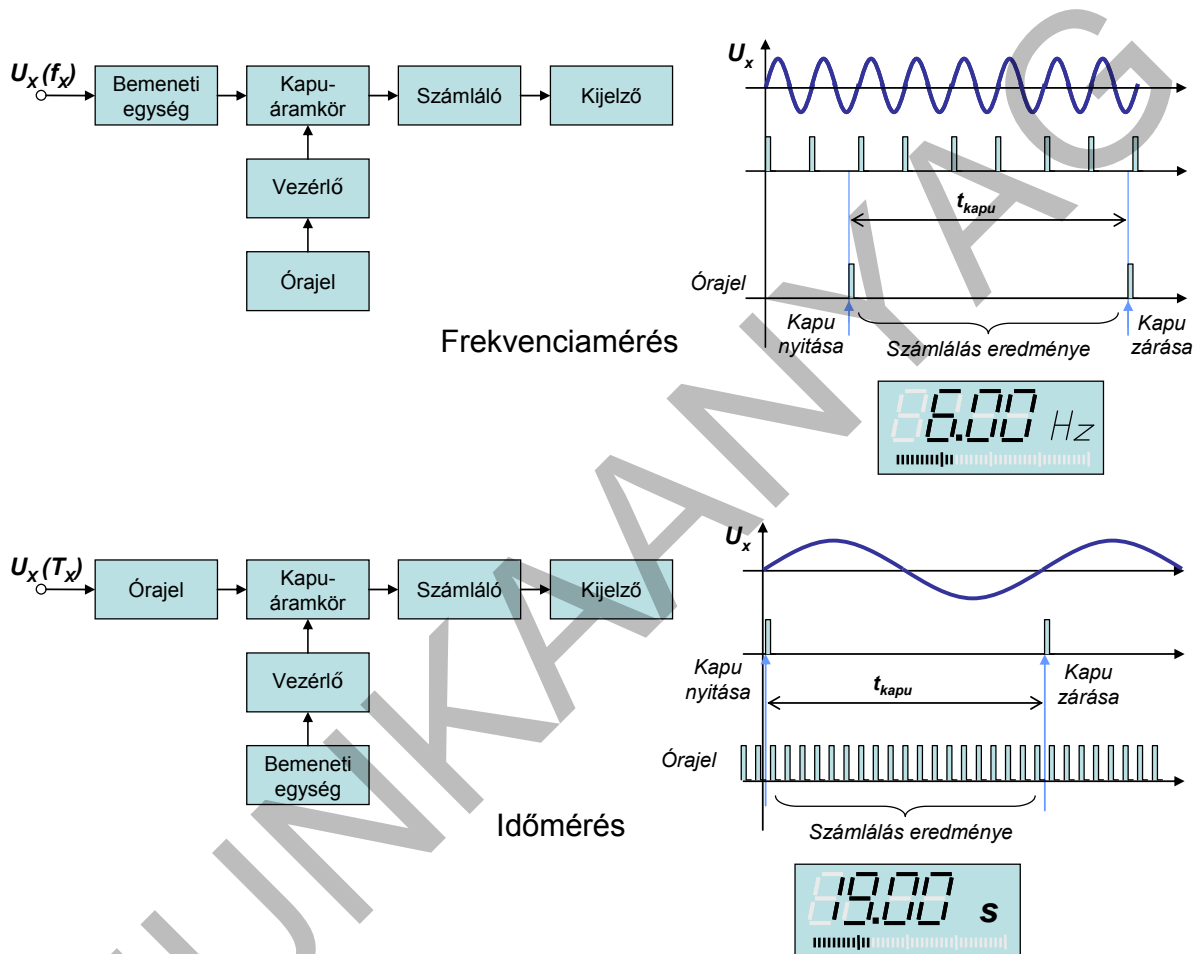


68. ábra. Kettős meredekségű digitális voltmérő blokkvázlata

A 68. ábra blokkvázlata a műszer fő egységeit mutatja. A vezérlő a töltés alatt (a töltés ideje állandó) a bemeneti jelet, a kisütés alatt egy negatív értékű referencia jelet kapcsol az integrátorra és bekapcsolja az időmérőt.

b. Frekvencia és időmérők

A mérés elve a frekvencia fogalmából adódik: *egy másodperc alatt lezajló hullámok száma*. A digitális frekvenciamérő pontosan ezt teszi: megszámolja, hogy egy másodperc (egységnyi idő) alatt a vizsgált jelnek hány periódusa van, hányszor ismétlődik. Bemeneti egysége (69. ábra) a vizsgált jel minden periódusához egy impulzust rendel, melyeket a vezérlő a kapun az órajel szerinti egységnyi ideig átenged. A számláló megszámolja az átjutott impulzusokat és az eredményt a kijelzőre küldi. A mérés végén a frekvencia átlagértékét kapjuk.



69. ábra Digitális frekvencia- és időmérés

Időmérésnél a bemeneti egység és az órajel felcserélődik. A mérendő jel vezérli a kaput, amelyen az órajel impulzusai haladnak keresztül. A 69. ábrán a jel egy periódusa alatt 19 db 1 másodperces órajel-impulzus halad át, így a periódusidő $T = 19 \text{ s}$. Pontos méréshez természetesen sokkal kisebb órajelre van szükség.

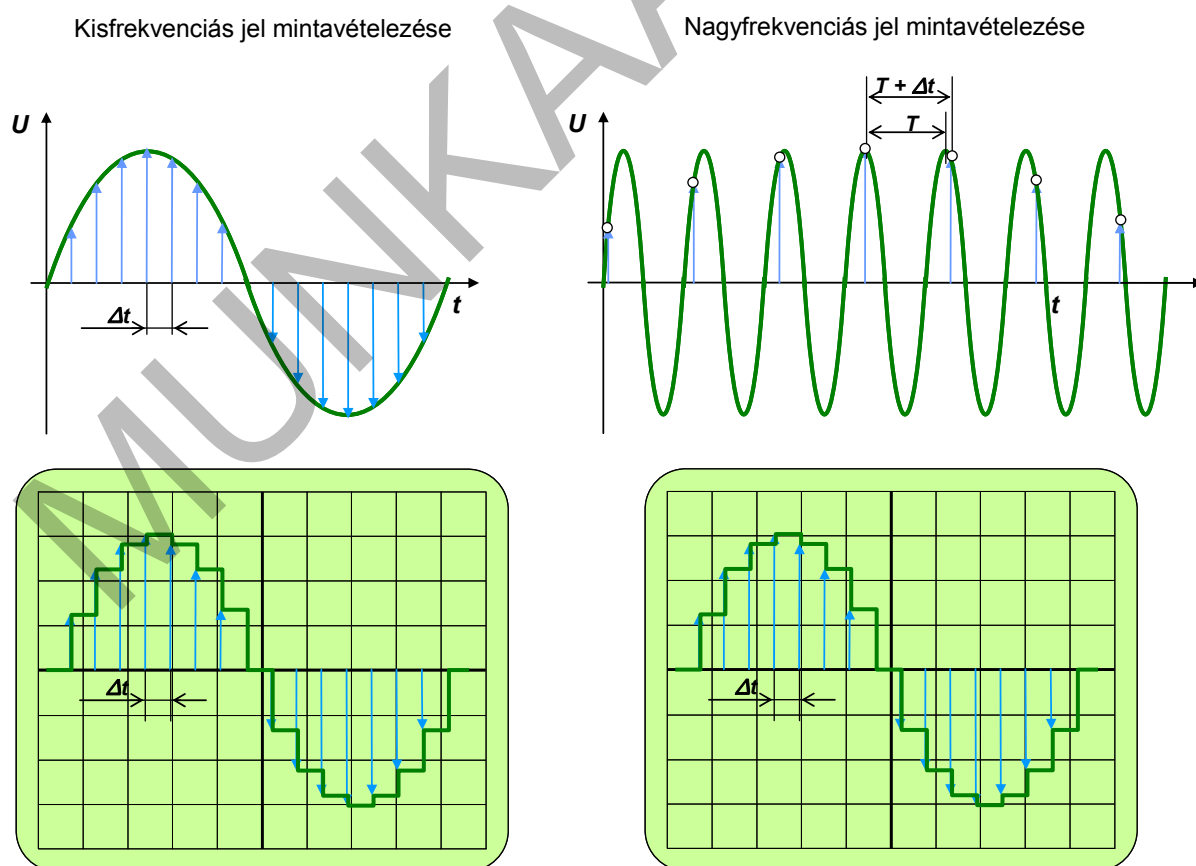
c. Digitális oszcilloszkópok

Több felhasználói igény is sürgette létrehozását:

- A tartós jeltárolás

- Az elektronikus formában történő archiválás
- Terepi használat (kis méret, nem kényes)
- Kis energiaigény
- Igen nagy frekvenciájú jelek vizsgálata

hogyan csak a legfontosabbakat soroljuk. Működése a **mintavételezés elvén** alapszik: digitális voltméréssel sokszor egymás után meghatározza a vizsgált jel pillanatértékét, majd azokat ábrázolva "a tetejükre visszarájzolja" a jelet. *Kis frekvenciájú jeleknél* sok minta vehető egy perióduson belül (70. ábra). A Δt időközönként mért feszültségeket a kijelzőn egymás mellett ábrázolva, majd azokat Δt ideig állandónak véve kapjuk eredményül a lépcsős jelformát. A valóságban sokkal gyakoribb a mintavételezés és az ábrázolt jelleggörbe jól értékelhető. 60 MSPS vagy 60 MS/S esetén 60 millió mintát vesz másodpercenként. *Nagy frekvencia mérése* ezzel a módszerrel nem lehetséges. A mintavételi időt egy (vagy több) teljes periódusidővel megnövelve ($T + \Delta t$), periódusonként csak egy mintát veszünk, de az egymás utáni minták nagysága akkora, mintha Δt időnként vettük volna. A mintákat Δt időnként ábrázolva megkapjuk a vizsgált jel formáját. Ezzel a módszerrel 5–10 GHz frekvenciájú jelek is ábrázolhatók. A mintavételezéssel az átmeneti jelenségek is ábrázolhatók, a jelek tárolhatók. Katódsugárcső helyett LCD, TFT stb. kijelzőt alkalmazva mobillá és könnyűvé válik az oszcilloszkóp. A fejlett elektronika alkalmazásával számos további funkcióval is kiegészíthető az oszcilloszkóp (frekvenciamérés és kijelzés, feszültségmérés és kijelzés stb.)



70. ábra. Mintavételezéses jelábrázolás

Összefoglalás

A méréshez megfelelő villamos műszer kiválasztása a mérendő jel ismeretében végezhető. A két fő szempont a mérendő jel formája, és a mérni kívánt jellemzője.

5.

Összefoglalásként válasz a felvetett esetre

A teljesítményméréshez több műszerre van szükség. Hatásos teljesítményt (P) elektrodinamikus wattmérővel mérhetünk, amely a rákapcsolt jelek effektív értéke alapján mutatja a mért értéket. Megfelelő méréshatárba állításhoz amper- és voltmérőre is szükségünk van. Ezek kiválasztása a mérendő jel függvénye, de célszerű, ha azt az értéket mérik és mutatják amit a wattmérő áram- és feszültségtekercs is érzékel. Az esetfelvetésben kifestültségű, szinuszosan váltakozó feszültségű hálózaton kell teljesítményt mérni, így lágyvasas, elektrodinamikus, egyenirányítós Deprez, DMM egyaránt szóba jöhet. Látszólagos teljesítményt (S) közvetlenül nem tudunk mérni, áram és feszültségmérés után számolható. Meddőteljesítmény-mérő létezik, de a gyakorlatban ritkán fordul elő. Meghatározni ugyancsak számítással (S és P alapján) lehet. Háromfázisú hálózaton wattmérővel is mérhető meddő teljesítmény, erre a méréstechnika témakörben találunk megoldásokat.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

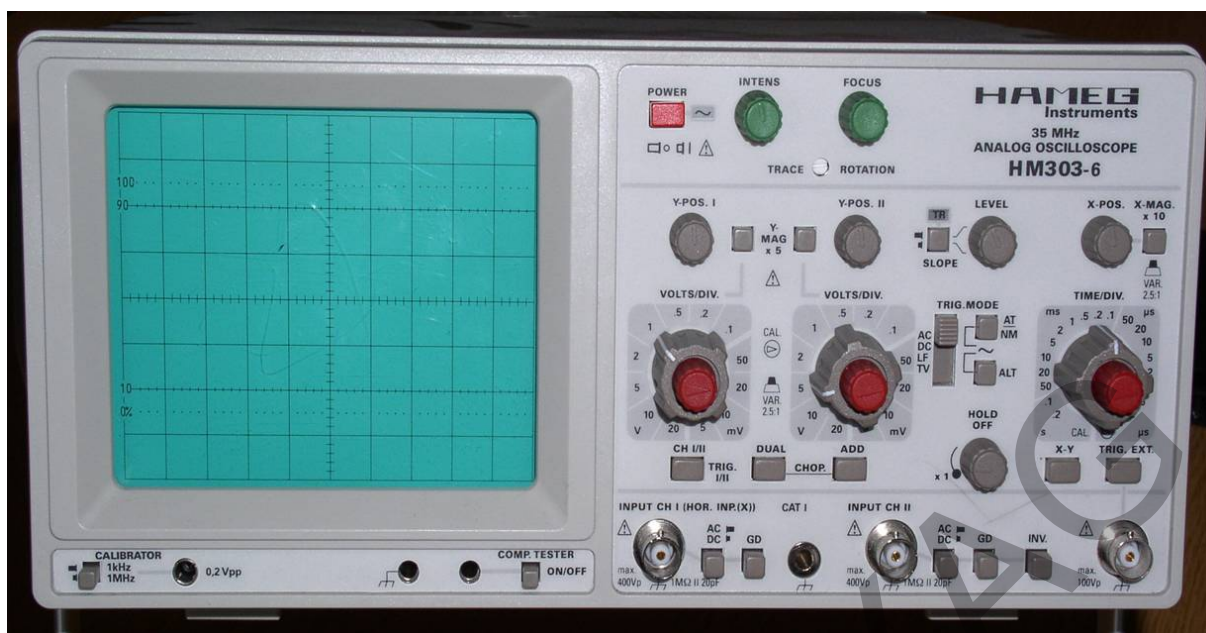
Tanulmányozza a villamos műszereket tárgyaló tankönyvében az elektromechanikus műszerek szerkezeti felépítését mutató ábrákat! Figyelje meg a visszatérítő nyomatékot szolgáltató rugó elhelyezését, kialakítását, és vesse össze az itt olvasottakkal és látottakkal!

Lépjen fel a <http://hu.wikipedia.org> honlapra, és gyűjtsön további információkat az elektromechanikus műszerek tárgyköréről. Tudja meg, hogy a rajzolóműszereknél a lassan író, a gyorsan író, a pontíró, a vonalíró fogalmak mit takarnak!

Tanulmányozza az MSZ IEC 5-51-es szabvány villamos műszereken alkalmazandó rajzjeleit!

Figyelje meg, hogyan jelölik a vizsgálati feszültséget, az alaphelyzettől eltérő használati helyzetet, az ismertett pontossági osztályba sorolástól eltérő besorolást, és a különböző jelformákra (egyen- és váltakozó áramú) válaszoló mérőműveket!

Tanulmányozza az alábbi fényképet! Keresse ki, hogy az oszcilloszkóp kezelőszervei közül melyiket és mely blokknál tárgyalta a jegyzet!

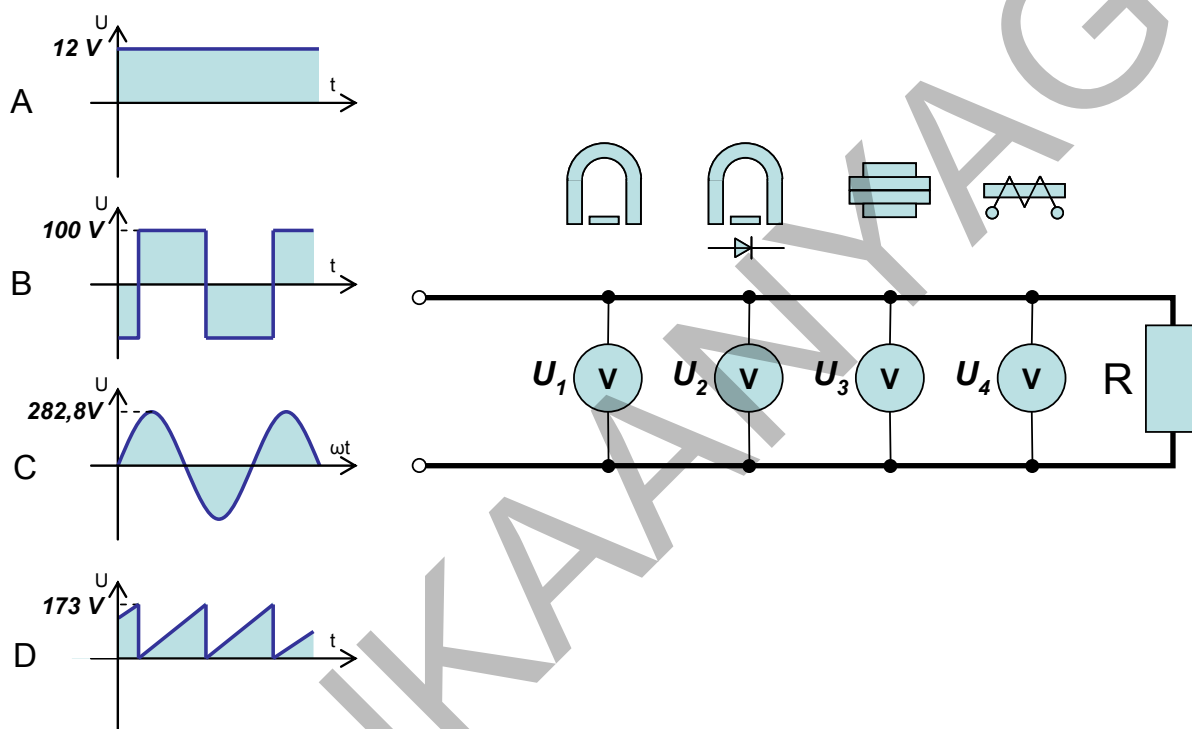


71. ábra. Analóg oszcilloszkóp előnézeti képe

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Az alábbi mérési kapcsolásban elektromechanikus műszerekkel vizsgáljuk a négy különböző jelet. Számítsa ki, hogy az egyes esetekben mit mutatnak a műszerek, és az eredményt írja a kapcsolás alatt lévő táblázatba!



72. ábra.

A számított értékek táblázata:

	U_1	U_2	U_3	U_4
A				
B				
C				
D				

MUNKANYAG

2. feladat

Olvassa el a spirálrugóról írtakat és válassza ki a rá vonatkozó helyes állításokat!

1. Visszatérítő nyomatékokat szolgáltat
a) Igen.
b) Nem.
c) Csak az indukciós műszernél.
2. Párban alkalmazzák
a) Igen, minden műszernél, de ellentéte csavarulattal.
b) Nem, egy is elég a visszatérítéshez.
c) Igen, azonos csavarulattal.
3. A Deprez műszerekben a spirálrugók vezetik a lengőrészbe az áramot
a) A feszített szálak műszernél nem.
b) Igen, minden esetben.
c) Csak az egyenirányítós változatnál.
4. Hőkompenzációt végeznek.
a) Igen.
b) Nem.
c) Nem jellemző.
5. A mutató "nulla" helyzetének beállítását is végzik.
a) Nem, arra külön excenteres csavart és rugót alkalmaznak.
b) Igen.
c) Igen, de csak a lapostekercsű lágyvasas műszernél.

3. feladat

Rajzolja be a képernyőn megjelenő jelet, az elektronsugár három "futásánál", ha

- Az oszcilloszkóp bemenetére $U_{pp} = 30 \text{ V}$ feszültségű, $f = 62,5 \text{ Hz}$ frekvenciájú háromszög-jelet kapcsoltunk.
- A V/DIV kapcsoló az 5 V állásban van.
- A TIME/DIV kapcsoló a 2 ms állásban van.
- A VARIABLE potenciométerek CAL állásban vannak.
- A "0" V a képernyő közepére állítva.
- Az indításvezérlő nem működik, a "visszafutás" után nincs várakoztatás.
- Az első futás a jel pozitív-nulla átmeneténél indul.

MEGOLDÁSOK

A címelem tartalma és formátuma nem módosítható.

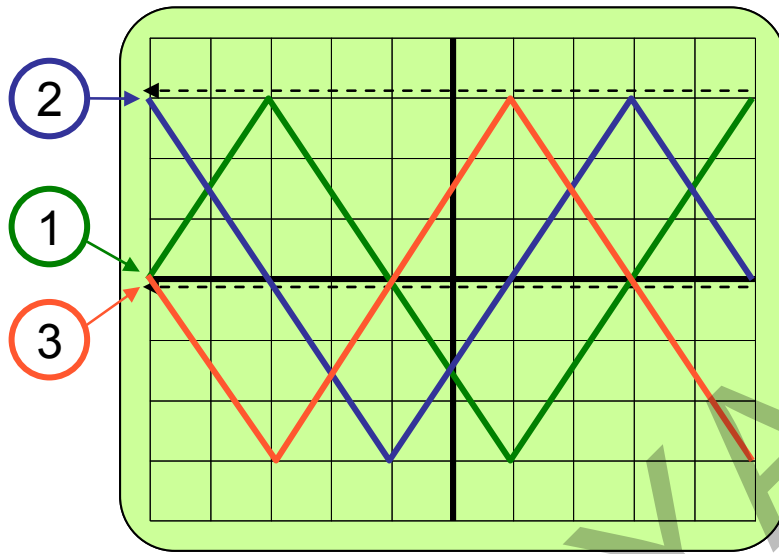
1. feladat

	U_1	U_2	U_3	U_4
A	12 V	13,32 V	12	12
B	0 V	111 V	100	100
C	0 V	200 V	200	200
D	86,5 V	96 V	100	100

2. feladat

- Visszatérítő nyomatékot szolgáltat
 - Igen.
 - Nem.
 - Csak az indukciós műszernél.
- Párban alkalmazzák
 - Igen, minden műszernél, de ellentéte csavarulattal.
 - Nem, egy is elég a visszatérítéshez.
 - Igen, azonos csavarulattal.
- A Deprez műszerekben a spirálrugók vezeték a lengőrészbe az áramot
 - A feszített szál műszernél nem.
 - Igen, minden esetben.
 - Csak az egyenirányítós változatnál.
- Hőkompenzációt végeznek.
 - Igen.
 - Nem.
 - Nem jellemző.
- A mutató "nulla" helyzetének beállítását is végzik.
 - Nem, arra külön excenteres csavart és rugót alkalmaznak.
 - Igen.
 - Igen, de csak a lapostekercsű lágyvasas műszernél.

3. feladat



73. ábra. A 3. feladat megoldása

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Major László: Szakmai gyakorlatok Villamos mérés technika (Képzőművészet Kiadó, 2004)

Major László – Dr Nagy Lóránt: Műszerek és mérések (Skandi_Wald Könyvkiadó, 2004)

Maróti Zoltán: Elektromechanikus mérőműszerek (Műszaki Könyvkiadó, 1991)

Szerzői Kollektíva: Elektrotechnikai szakismeretek (Műszaki Könyvkiadó 1996)

Kuti László – Ivanics László: Villamos műszerek és mérések (Műszaki Könyvkiadó 1980)

Gyetván Károly: A villamos mérések alapjai (Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó 1999)

AJÁNLOTT IRODALOM

Major László: Szakmai gyakorlatok Villamos mérés technika (Képzőművészet Kiadó, 2004)

Major László – Dr Nagy Lóránt: Műszerek és mérések (Skandi_Wald Könyvkiadó, 2004)

Maróti Zoltán: Elektromechanikus mérőműszerek (Műszaki Könyvkiadó, 1991)

Szerzői Kollektíva: Elektrotechnikai szakismeretek (Műszaki Könyvkiadó 1996)

Kuti László – Ivanics László: Villamos műszerek és mérések (Műszaki Könyvkiadó 1980)

Gyetván Károly: A villamos mérések alapjai (Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó 1999)

A(z) 1398-06 modul 002-es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
31 522 01 0000 00 00	Elektromos gép- és készülékszerelő

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
24 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