

Az oszcilloszkóp felépítése és működése

A mérés célja:

- megismerkedni az elektronikai mérés technikában leggyakrabban használt készülék, az oszcilloszkóp működésével és használatával.

Ennek érdekében:

- megismerkedünk az oszcilloszkóp felépítésével és kezelő szerveivel;
- megvizsgáljuk néhány jelalak fontosabb jellemzőit;
- néhány egyszerű áramkörben megvizsgáljuk a fellépő feszültségek fázisviszonyait.

1. Elméleti összefoglaló

1.1 Az oszcilloszkóp

Az oszcilloszkóp az elektronikai mérés technika leggyakrabban használt, legsokoldalúbb készüléke. Közvetlenül feszültség - idő függvényt vagy fázishelyzetet jelenít meg a képernyőjén. Ez a megjelenítő képesség az, ami lényegesen több információ megszerzését teszi lehetővé, mint amennyi például multiméterrel lehetséges.

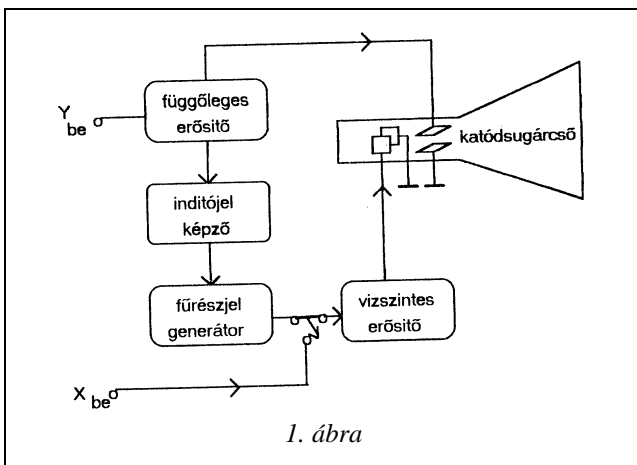
Oscilloszkóppal az alábbi mennyiségek mérhetők közvetlen vagy közvetett módon:

- egyenfeszültség;
- váltakozó feszültség;
- egyenáram;
- váltakozó áram;
- idő, időkülönbség;
- fázis, fáziskülönbség;
- frekvencia.

Oscilloszkópos vizsgálattal észrevehető a jelalak torzulása, mérhető a jel egyen- és váltóáramú komponense, gerjedés, felharmonikusok jelenléte látható. Többcsatornás készülékkel lehetséges több, általában kettő vagy négy időfüggvény egyidejű vizsgálata és összehasonlítása.

1.2 Az oszcilloszkóp felépítése és működése

Az oszcilloszkóp fő részeit és kapcsolódásukat az 1. ábra mutatja.



1. ábra

a) Katódsugárcső

Az oszcilloszkóppal vizsgált jelalakok megjelenítését végzi megfelelő vezérlés esetén. A katódsugárcső kúpos kialakítású, tölcserőszerű zárt vákuumcső. Vékony, hengeres részében van az elektronágyú. A fűtött katódból az

anód és katód közötti elektromos tér hatására kilépnek az elektronok és az anód felé gyorsulnak. Ha U_a az anód és katód közötti potenciálkülönbség, b a katód-anód távolság, az m tömegű, $-q$ töltésű elektronra az így kialakuló $E = U_a/b$ nagyságú télerősség $F = q \cdot E$ erővel hat az anód irányába. A munkatételt alkalmazva írhatjuk, hogy

$$F \cdot b = \frac{m \cdot v^2}{2},$$

ebből az elektronok sebessége az anódnál

$$\text{kifejezhető: } v = \sqrt{\frac{2 \cdot q}{m}} \cdot \sqrt{U_a}.$$

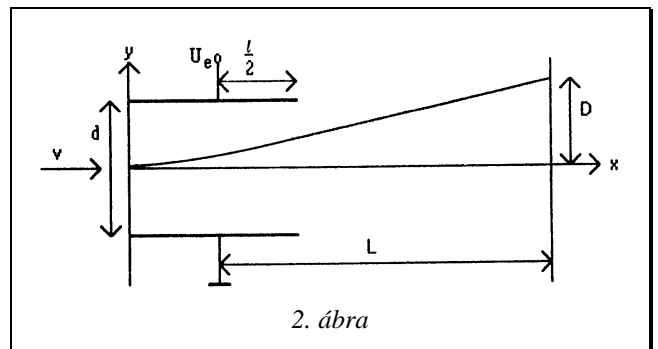
(Feltételeztük, hogy a ka-

tódból kilépő elektronok sebessége elhanyagolható.)

Az anódon levő résen áthaladó elektronokat egy fókusztáló rendszer nyalábbá formálja. A sugár vízszintes és függőleges irányú eltérítését sík kondenzátor szerű, egymással 90° - os szöget bezáró párhuzamos lemezpárok közötti elektromos tér végzi. A cső kiszélesedő végét lezáró oldal belső felülete fluoreszkáló anyaggal van bevonva. A képernyőre elegendően nagy sebességgel becsapódó elektronok rövid idejű felvillanást okoznak.

A cső geometriai és elektromos paraméterei nagymértékben meghatározzák az egész készülék használhatóságát.

A függőlegesen eltérítő lemezekre feszültséget kapcsolva a lemezek között kialakuló elektromos tér ($E = q \cdot E$ nagyságú erővel hat a v kezdősebességgel a lemezek közé érkező q töltésű elektronokra (2. ábra).



2. ábra

Ennek hatására az elektronok $a = \frac{q \cdot E}{m}$ gyorsulással mozognak függőleges irányba.

Vízszintes irányú sebességük változatlan, ezért a befutott pálya a lemezek között parabola lesz. (vízszintes hajítás.)

$$x = v \cdot t, \quad y = \frac{a}{2} \cdot t^2, \quad y = \frac{q \cdot E}{2 \cdot m \cdot v^2} \cdot x^2$$

Az elektronok a lemezeket elhagyva a pálya $x = l$ pontbeli érintője mentén állandó sebességgel haladnak tovább. A lemezek középpontjától L távolságban levő képernyőt D magasságban érik el. A pálya iránytangense a lemezek szélénél:

$$\text{tg } \alpha = \frac{q \cdot E \cdot l}{m \cdot v^2};$$

$$\text{az egyenes egyenlete: } y = \frac{q \cdot E \cdot l}{m \cdot v^2} \left(x - \frac{l}{2}\right).$$

Az eltérítés mértéke az $x = (L + l/2)$ helyen:

$$D = \frac{q \cdot E}{m \cdot v^2} \cdot l \cdot L$$

A lemezek közötti térerősség a rájuk kapcsolt eltérítő feszültségből származik: $E = \frac{U_e}{d}$.

Ezeket felhasználva az eltérítésre a következő összefüggés adódik: $D = \frac{l \cdot L}{2 \cdot d \cdot U_a} \cdot U_e$

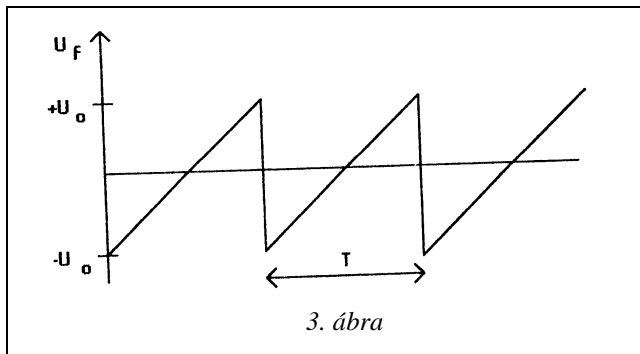
A katódsugárcső érzékenységet az egységnyi eltérítő feszültség hatására létrejövő eltéréssel definiáljuk:

$$E = \frac{D}{U_e} = \frac{l \cdot L}{2 \cdot d \cdot U_a}$$

b) Fűrészel generátor

Az oszcilloszkóppal leggyakrabban periodikus időfüggvényeket vizsgálunk, vagyis a képernyő vízszintes tengelye az időtengely. Mivel a jelek időben nagyon gyorsan változnak, a bejövő jel egy darabjának egyszerű felrajzolását szemmel nem tudjuk értékelni és nem lehet kiértékelni, ezért biztosítani kell a folyamatos, azonos pozíciójú ábrázolást. A fűrészel generátor a 3. ábrán látható jelet állítja elő, amely a vízszintes erősítőn keresztül a vízszintesen eltérítő lemezpárra jut. A felerősített jel akkora, hogy az elektronnyalábot a képernyő szélső pontjáiig kitéríti.

A jel periódusideje változtatható, ez az idő lesz a vízszintes tengely "hossza", ennyi idő alatt fut végig az elektronnyaláb a képernyőn. A periódusidő minél tágabb határok között változtatható, annál gyorsabb jelek vizsgálatára van mód, mert akkor kapunk jól kiértékelhető ábrát, ha a bejövő jel változási sebessége (függőleges eltérítés) és vízszintes eltérítés sebessége azonos nagyságrendű. (Másként fogalmazva: a fűrészel periódusideje közel egyenlő legyen a bejövő jel néhány periódusával.)

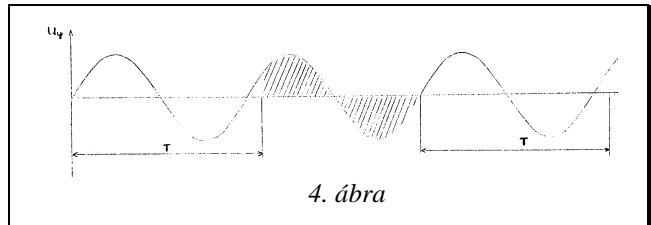


3. ábra

c) Indító jel képző (szinkronizáló)

A szinkronizáló egység feladata, hogy a gyorsan változó bejövő jeleket azonos kezdőfázissal kezdje kirajzolni a képernyőre. A 4. ábrán látható szinuszos jel érkezik az Y bemenetre. A 0 időpontban a fűrészel generátor feszültségének értéke legyen $-U_a$, vagyis az elektronnyaláb a képernyő bal szélén, középen van. Ha T a fűrészfeszültség periódusideje, akkor az ábrán görbedarabot fogjuk látni a képernyőn. Amikor a nyaláb visszafut a képernyő bal szélére, y irányú kitérés nem egyezik meg az előző induláskor felvett értékkel. Ezért, ha most azonnal kezdődne a következő vízszintes kitérés (indulna a fűrészel-feszültség második periódusa), akkor a képernyőn az előzőhöz képest egy másik görbedarabot rajzolna fel. Ezt így folytatva

könnyen belátható, hogy a különböző szinuszos darabok halmaza miatt egy világító sávot látnánk kiértékelhető jel helyett. A szinkronizáló egység feladata, hogy a fűrészel generátor következő periódusát a bejövő jel egy beállítható értéke elérése esetén engedje csak elindulni. Ez azt jelenti, hogy az Y jel T hosszúságú, azonos kezdőfázisú szakaszait rajzolja egymásra. A jel ábrán jelölt részeit nem fogjuk látni, de ez nem okoz információs veszteséget, mert ha T -t úgy választjuk meg, hogy az nagyobb, mint a bejövő jel periódusa, akkor a jelről minden információ leolvasható.



4. ábra

d) Vízszintes és függőleges erősítő

A katódsugárcső paramétereiből adódik, hogy mekkora feszültség szükséges az elektronnyaláb kitéréséhez a képernyő széléig. (Általában néhány száz volt.) A vizsgált jelek nagysága széles tartományban változhat, az erősítés állításával lehet az optimális feszültséget beállítani úgy, hogy az ábra kitöltse a képernyőt. A vízszintes erősítő vagy a fűrészel generátor jelet vagy az X bemenetre adott külső jelet (lásd 3.b pont) erősíti.

e) A kétcsatornás oszcilloszkóp

A gyakorlatban sokszor előfordul, hogy egyszerre több (kettő) időfüggvényt kellene vizsgálni. Ez úgy oldható meg, hogy a függőleges eltérítő lemezekre felváltva kapcsolják a két bejövő jelet, vagyis egy időben két időfüggvény látható. Lassú jelek esetén egy-egy rövid darabkát felváltva rajzol fel az elektronnyaláb mindkét jeltől (chopper üzemmód). Gyors jeleknél a fűrészel generátor egyik periódusában az egyik, következő periódusában a másik jelet ábrázolja (alternatív üzemmód).

2. Mérések oszcilloszkóppal

2.1 Periodikus feszültség vizsgálata

A vizsgált jelet (feszültség idő függvény) az Y bemenetre kapcsolva és a belső vízszintes eltérítést használva vizsgálhatjuk a jelet. Megadható a jelalak, amplitúdó, periódusidő, frekvencia.

2.2 Egymásra merőleges harmonikus rezgések összetétele

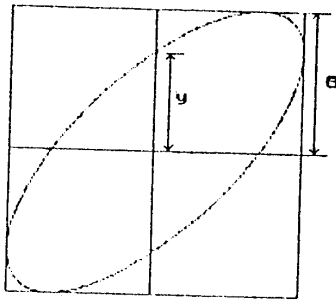
a) Két egyenlő frekvencia fázisszögének mérése:

Ebben az esetben a fűrészel generátort kikapcsoljuk és a vízszintes eltérítést az X bemenetre adott jel végzi. Ha az X bemenetre $x = A \cdot \sin \omega t$ jelet, az Y bemenetre $y = B \cdot \sin\{\omega t + \phi\}$ jelet kapcsolunk, egyszerű helyettesítéssel adódik, hogy

$$y = \frac{B \cdot x}{A} \cdot \cos \phi + B \sqrt{1 - \frac{x^2}{A^2}} \cdot \sin \phi$$

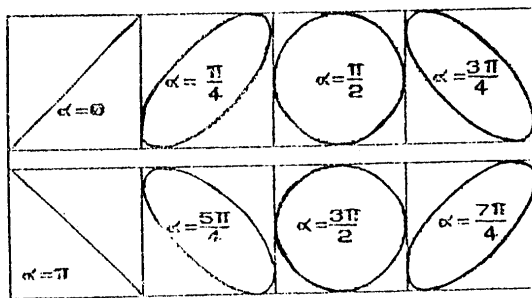
A kapott egyenlet egy ellipszist ír le. A fázisszög az $x = 0$ -nál leolvasott y érték és B ismeretében számítható (5. ábra):

$$\varphi = \arcsin \frac{y}{B}$$



5. ábra

Néhány, különböző fázisszöghöz tartozó jelalakot mutat a 6. ábra $A = B$ esetén.



6. ábra

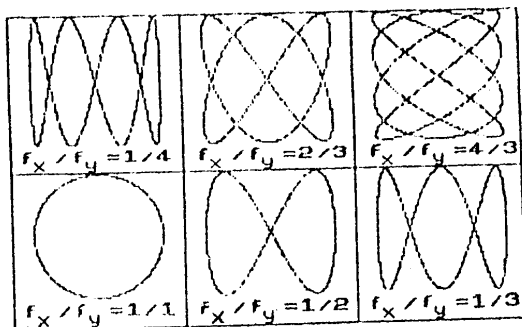
b) Különböző frekvenciájú rezgések vizsgálata:

Ha a rezgések frekvenciái kicsit különböznek, a képernyőn ez úgy jelenik meg, mint azonos frekvenciájú rezgések közötti lassú, folyamatos fázisváltozás. A görbe végighalad a 6. ábrán látható helyzeteken, lebegés jön létre.

Ha a frekvenciák jelentősen különböznek, lényegesen bonyolultabb ábrák alakulnak ki, Lissajous-görbék keletkeznek. Ha a frekvenciák aránya racionális, akkor önmagába záródik a görbe (7. ábra), ha nem, akkor a képernyőt teljesen behálózó, nem záródó ábrát kapunk. A frekvenciák arányát a következő módon lehet meghatározni:

$$\frac{f_x}{f_y} = \frac{N_y}{N_x},$$

hol N_x és N_y a vízszintes és függőleges oldalak érintési pontjainak száma.



7. ábra

3. Az oszcilloszkóp kezelőszervei

A mérés elvégzéséhez két különböző típusú, elektromos paramétereiben megegyező, csupán kezelőszervei elhelyezésében eltérő oszcilloszkóp áll rendelkezésre. Itt a Hameg HM 203 típusú készülék általunk használandó kezelőszerveit ismertetjük (8. ábra), de a leírás értelemszerűen alkalmazható a BK PRECISION 2 I 20 típusú készülékre is.

A készülék kétcsatornás, legfeljebb 20 MHz frekvenciájú, legalább 5 mV amplitúdójú jelek vizsgálatára alkalmas. A képernyő 10×8 -as négyzethálóra van felosztva, ami a jelek kiértékelését segíti. A négyzet oldala, az "osztás", az adott irányú tengely egysége.

A kezelőszervek funkciója:

1. A készülék ki- bekapcsoló nyomógombja.
2. Az elektronnyaláb intenzitását, ezáltal a jel fényességét beállító forgató gomb.
3. Az elektronnyaláb, ezáltal a kép élességét állító forgató gomb.
6. A kép vízszintes mozgatását végző forgató gomb.
12. A fűrészel generátor periódusidejét állító fokozat kapcsoló. Ha ez például a 2 ms állásban van, akkor a vízszintes tengely (idő!) egy osztása 2 ms, a tengely teljes hossza 20 ms.
13. A fűrészel generátor periódusidejét folytonosan változtató forgató gomb. CAL állásban ki van kapcsolva, ettől különböző állásában a vízszintes tengelyen nem hiteles idő olvasható le.
17. Ez a forgató gomb a fűrészelet szinkronizálja a bejövő jelhez és ezzel állítható be hogy a bejövő jel mekkora értékénél induljon a fűrészel generátor. Ezzel lehet "álló" képet beállítani a képernyőn.
23. Az első csatorna (channel I, CH I) bemeneti csatlakozója.
24. A CH I erősítőjét állító fokozat kapcsoló. Ha például a 0.5 V -os állásban van, a képernyő függőleges (feszültség) tengelyének "hossza" 4 V.
25. A függőleges erősítést folytonosan állító forgató gomb. CAL állásában ki van kapcsolva, ettől eltérő állásában a leolvasott feszültség értéke nem hiteles.
21. A CH I csatornára adott jel képének függőleges mozgatását végző forgató gomb.
22. A GND gomb benyomásával a bemenetre 0 potenciál kapcsolódik, ekkor a 21. gombbal lehet a CH I képét pozicionálni. Az AC/DC nyomógomb benyomott állásánál a jel egyen és váltakozó komponense is, kiengedett állásában csak a váltakozó komponense látható a képernyőn.
34. A második csatorna (CH II) vagy vízszintes bemenet csatlakozója.
30. Mint a 24, a CH II-re vonatkoztatva.
31. Mint a 25, a CH II-re vonatkoztatva.
36. Mint a 21, a CH II-re vonatkoztatva.
35. Mint a 22, a CH II-re vonatkoztatva.
27. CH I vagy CH II csatorna kiválasztása
28. A nyomógomb benyomásával a két csatorna jele egy időben látható a képernyőn.
5. A gomb benyomott állásában a fűrészel generátor lekapcsolódik a vízszintes erősítőről és a CH II bemenetre adott jel vezérli a vízszintes eltérítést. (A CH II lesz most a vízszintes erősítő. Lásd: Lissajous ábrák.)

8. ábra

