

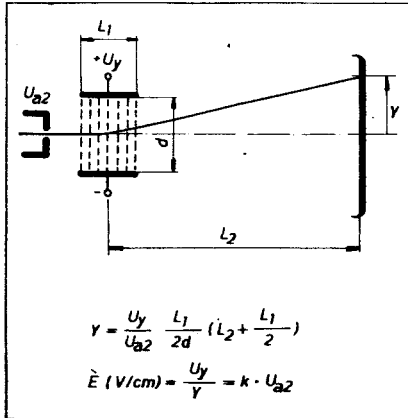
a lemezekre kapcsolt feszültséggel útjából kiteríthető. Az ernyőre kerülő eltérített sugár (3. ábra) kitérése egy adott cső esetében az eltérítőlemezekre kapcsolt feszültséggel egyenesen, az anódfeszültséggel fordítottan arányos. Ha, tehát csökkentjük az anódfeszültséget, érzékenyebb lesz a cső, bár ugyanakkor a fényerő is jelentősen csökken és romlik a fókuszálhatóság. Belátható, hogy miután az egyik lemezpár mindig közelebb van az elektronágyúhoz, hatása jelentősebb a sugárnyalábra és így minden cső kétféle érzékenységi adattal rendelkezik. Az érzékenység mérőszáma az a feszültség, amelyet az eltérítőlemezek közé kapcsolva éppen 1 cm kitérést kapunk a nyugalmi helyzethez képest. Ez általában néhány V/cm és néhányszor tíz V/cm között szokott lenni. Előfordul néhány katalógusban a definíció reciproka is, ezt át kell számítanunk a fentebbi nemzetközileg szabványosított formára.

Miután az eltérítőlemezek között áthaladó elektronsugár nyalábolása szempontjából nem közömbös azok átlagos potenciálja, a katódsugárcsővet úgy kell a tápfeszültség-rendszerhez illeszteni, hogy a lemezek átlagos potenciálja – ha egyéb előírás nincs – egyezzen meg az utolsó anód feszültségével. Ha ez nincs így, a képernyőn asztigmatikus hiba lép fel, azaz fénypont helyett vonal keletkezik. Érdekes még amatőrbereendezésekben is lehetőséget tenni az eltérítőlemezek és az utolsó anód közötti feszültség beállíthatóságát.

Minél hosszabb a katódsugárcső, annál érzékenyebb is, de ekkor a jó fókuszálhatóság miatt rendszerint az anódfeszültséget is meg kell növelni, tehát a nyereség csak látszólagos, illetve mérsékelt. Mindazok tehát, akik csodálattal tekintenek a kisebbnél kisebb katódsugárcsővekre, ne felejtsek el, hogy ezeket esetenként – különösen a rövid építésűeket – nehezebb kivezérelni, mint nagyobb társaikat! Különösen áll ez a tranzistoros kapcsolásokra. Pl. a 3 cm átmérőjű D. 3–91 Philips katódsugárcső ernyőjén 35...72 V ad 1 cm kitérést, vagyis a teljes ernyőre kiterjedő vezérelhetőség csak nagyfeszültségű végtranzistorokkal és magas tápfeszültséggel oldható meg!

A kis érzékenység oka az, hogy az elektronok sebessége az utolsó anód után már igen nagy a megfelelő fényerő elérése céljából. Ha az elektronágyú olyan, hogy a jó fókuszálás mellett csak kis sebességű elektronokat repít az ernyő felé, az érzékenység tetemesen megnő. Ekkor azonban elfogadható fényerő csak akkor lép fel ha az eltérítés után mégis – utólag – felgyorsítjuk az elektronokat. Ezt az utángyorsító gyűrű vagy spirál beépítésével érték el. Ekkor azonban a szokásosnál lényegesen magasabb feszültséget kell alkalmazni, így az utángyorsító feszültség általában 2...25 kV. Tranzistoros oszcilloszkópok seregnyi problémáját megoldották ezek az utángyorsító csövek, de új nehézségek is keletkeztek, nevezetesen a nagyfeszültség előállítás, stabilizálása és a kapcsolatos életvédelmi problémák. El lehet mondani, hogy amit nyertünk a vámon, elvesztettük a réven.

Érzékeny, fényerős, szép rajzú, hitelesíthető sugáreltérítésű oszcilloszkóp kizárólag csak korszerű utángyorsító csővel



3. ábra. Adott katódsugárcső esetén az eltérítési érzékenység az anódfeszültségtől függ

építhető. Ezek beszerzési ára még új állapotban sem olyan jelentős, hogy aki egyáltalában oszcilloszkóp építésére vállalkozott, ne tudná megvásárolni (beszerzési forrástól függően kb. 500–1000 Ft).

Bármilyen forrásból is származik a katódsugárcső, az építés megkezdése előtt tanácsos kipróbálni. Ez oly módon történhet, hogy a továbbiakban leírt osztóláncokat kísérletileg összeállítjuk, erre a csövet rákapcsoljuk és fényt igyekszünk „kicsikarni” belőle. Tápfeszültséggel úgy szólván mindenki rendelkezik otthon (egy-két régi rádiókészülék vagy a tv buszterfeszültsége stb. általában rendelkezésre áll). Mindenesetre mérés előtt készítsünk részletes kapcsolási rajzot, vizsgáljuk felül életvédelmi szempontból a kapcsolást, a mérési szempontból másodrendű pontokat ideiglenesen bár, de szigetelten burkoljuk be. Tanácsos a teljes elrendezést szigetelőlapon (PVC, gumi-lap stb.) állva mérni.

Az oszcilloszkóp-építés életvédelmi szempontból legfontosabb szabálya, hogy akár bekapcsolt, akár kikapcsolt készülékben mérünk, szerelünk, forrasztunk,

egyik kezünket dugjuk a zsebünkbe. Ez az első pillanatban komikusnak tűnő szabály minden nagyobb feszültséggel üzemelő készülékben dolgozó amatőrt vagy üzemi dolgozót megóvhat a legsúlyosabb áramütéstől, ugyanis az életveszély akkor a legnagyobb, ha az áram útja a szíven halad keresztül. Még egy igen fontos tény: ha előre, lelkiileg felkészülünk egy várható kisebb-nagyobb áramütésre, tapasztalat szerint ez a kissé feszült lelkiállapot reflexeinket javítja, az áramütés következményeit enyhíti. Megtörtént, hogy munkatársam egy kikapcsolt készülékből (pufferkondenzátortból!) kapott teljesen váratlan áramütéstől nem rögtön, csak mintegy tíz-húsz perc múltán lett rosszul.

Katódsugárcső mérésekor feltétlenül ügyeljünk arra, hogy minden elektróda, tehát az eltérítőlemezek is határozott potenciálra legyenek. Lebegő eltérítőlemezek esetében a cső nem fókuszálható, önálló életet él, esetleg a fény is elúlik. Ha tehát megjelenik a fénypont, fényereje, geometriája szabályozható és megfelelő, azonnal csavarjuk le a fényerőt, nehogy a foszfor kiégjen, megvakuljon. Csatlakoztassunk ismert váltófeszültséget a lemezpárokra; feszültségforrásként megfelel a hálózat, vagy a tv képkimenőjének fűrészeje. Az eltérítés mértékéből lehet következtetni a cső érzékenységére és műszaki állapotára.

Az oszcilloszkóp-technikában minden mérési adatot a csúscstól-csúciig mérhető feszültségben és polaritáshelyesen értelmeznek, miután az ernyő mindig a pillanatnyi feszültségamplitúdót mutatja. Tehát vigyázzunk a cső érzékenységének megállapításával, itt szinuszos mérőfeszültségnél az effektív érték 2,8-szorosát kell venni. A mérégetés során ügyeljünk arra, hogy a katódsugár ne haladjon meg a néhány száz  $\mu A$ -t, mert a katód tönkremegy. Általában 200...300  $\mu A$ -nek már elegendő fényerőt kell eredményeznie, ellenkező esetben a cső „süket”.

Ha így meggyőződünk csövünk megfelelő voltáról, indulhat a tervezés, kivitelezés.

## 1. A katódsugárcső tápfeszültség-ellátása

A katódsugárcső típusának kiválasztása egyúttal nagyrészt a tápálási rendszer kiválasztását is jelenti. Egyszerű, olcsó, kisátmérőjű csöveknél nincs sok értelme a tápfeszültségeket stabilizálni, a hibák így nem csökkenthetők lényegesen. A készülék mérés helyett amúgy is elsősorban csupán indikál, a jel alakjáról tájékoztat, pontos értékéről nem. Ez az utángyorsítás nélküli csövek tipikus felhasználási területe.

Korszerűbb, fényerős, széprajzú, legalább 7 cm átmérőjű utángyorsító csövek képességeit viszont elsősorban úgy tudjuk igazán kihasználni, ha tápfeszültségeit stabilizáljuk, eltérítő rendszereit hitelesíthetően, jó linearitással képezzük ki. Ezek érzékenysége az elérhető sávzélességet nem korlátozza, segítségükkel könnyedén építhetők 10...20 MHz sávzélességű oszcilloszkópok is. A bátrabbak és nagyobb műszerparkkal rendelkezők akár

30...40 MHz sávzélességű készüléket is építhetnek. Mindenesetre nem árt megjegyezni azt a tapasztalati tényt, hogy még egy jól felszerelt laborban is a kétszeres sávzélesség az említett tartományban nem kétszeres idő- és anyagárfordítást jelent, hanem öt-tízszereset!

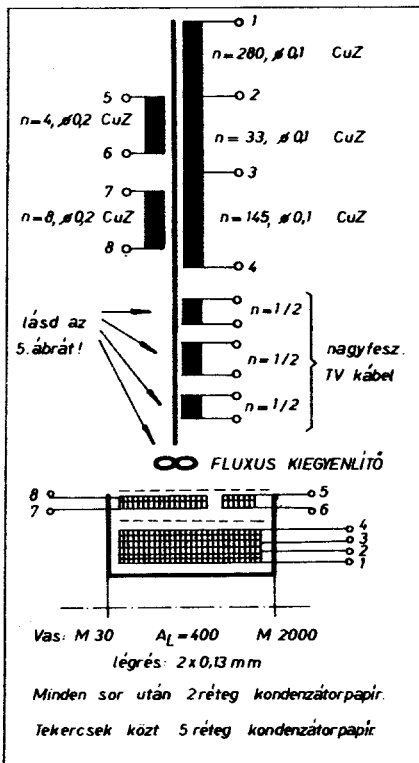
A tápegység kétféle lehet. Az utángyorsítás nélküli csövek kis feszültség-igénye lehetővé teszi, hogy a hálózati feszültség feltranszformálásával megkapjuk a szükséges tápfeszültséget. Minden szempontból célszerű az eltérítőlemezeket a föld és az erősítő tápfeszültségének közelébe vinni, ez optimális  $U_T/2$ -nél. Ebből az is következik, hogy az utolsó anódnak is kb. ezen a feszültségen kell lennie az asztigmatikus hiba elkerülésére. Mindezek azt eredményezik, hogy a katódsugárcső katódja számára nagy negatív feszültséget kell előállítanunk. A 4. ábrán ennek az egyik legegyszerűbb módja látható: a



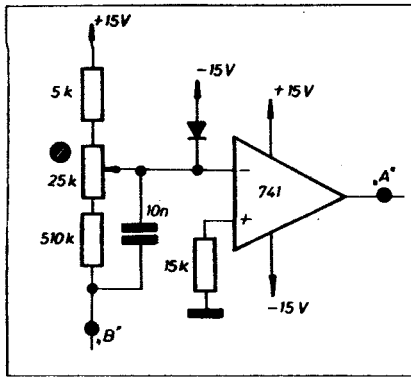
zására potenciométer segítségével. Itt hívom fel az oszcilloszkóp építő amatőrök figyelmét arra, hogy az átlagos potenciométerek a fémház, felerősítés, tengely, valamint a feszültségre kapcsolt ellenállás pálya, csúszka, leszedő között általában maximum 500 V csúcsfeszültség elviselésére képesek átütés nélkül. Miután a fókusz és fényerő potenciométereken felépő potenciál ennél esetleg sokkal nagyobb, ezeket a potenciométereket nagyfeszültségre szigetelten kell felerősíteni, tengelyüket szigetelten kell megtoldani és az előlapra kivezetni. Tanácsos ezt a két potenciométert közös életvédelmi szigetelőburkolattal ellátni, ugyanis a legtöbb áramütést ezektől a potenciométer-házaktól lehet kapni.

A nagyfeszültségű osztólánc rajz szerinti kivitele a lehető legegyszerűbb, nem tartalmaz stabilizátor áramkört, így az egyes kezelőszervek kissé elhúzzák egymást és a fényerő változtatása befolyásolja az érzékenységet is (kb. 10...20%-os „lélegzik” a kép a fényerő növelése, csökkentése közben).

Az 5. ábrán korszzerű, az Egyesült Izzó által is gyártott utángyorsítós katódsugárcsőhöz tervezett és kipróbált teljes nagyfeszültségű tápegységet láthatunk. Ez a kapcsolás úgyszólván minden igényt kielégít, stabilizált feszültsége folytán a fényerő változtatása során az eltérési érzékenység nem változik, így az ezzel a csővel és tápfeszültség-rendszerrel felépített oszcilloszkóp hitelesíthető. Természetesen mód van egyes elemek elhagyásával egyszerűsítésre is, a következők figyelembevételével. Maga a katód-



6. ábra. Nagyfeszültségű nagyfrekvenciás transzformátor az 5. ábra szerinti oszcillátorhoz



7. ábra. Az 5. ábra szerinti szabályozó erősítő helyettesítése integrált műveleti erősítővel

sugárcső nagy fényerejű, jó fókuszú típus. A szokásos elektronagyú kissé bonyolultabb, mint az előzőekben ismertetett csövek. Ugyanis a jó rajz érdekében további korrekciós elektródákat is építettek be, melyekre kapcsolt feszültséggel a cső hordó/párna torzítása minimalizálható, néhány százalékos nagyságrendűvé tehető.

A kapcsolás működése a következő. A  $T_5$  teljesítménytranszisztor szinuszoszcillátorként működik. Minden körülmények között csakis kis torzítású generátorral építhető ilyen feszültségátalakító, mivel a keletkező nagyfrekvenciás szórt jelet még szinuszos oszcillátor esetében is nehéz kiszűrni az oszcilloszkóp különböző áramköreiből. Az 50 kHz körüli frekvenciát a transzformátor határozza meg, pontos értéke közömbös. A kis primer oldali menetszám igen kis szekundér oldali menetszámot tesz lehetővé, így a nagyfrekvenciás nagyfeszültségű transzformátor a legkisebb ferrit M vasra is ráfér. A transzformátor adatai a 6. ábrán láthatók.

A csövetestet lehetőleg üvegszálas műanyaglemezből, vagy hasonló szilárdságú egyéb anyagból készítsük. Gondos elkészítésétől függ élettartama (ami lehet 1 perc is!) Tekerés után főzzük ki olvasztott méhviaszban, amíg a buborékok fejlődése meg nem szűnik.

A nagyfeszültségű transzformátor szekundér oldalán a három egyenirányítócső a szükséges pozitív és negatív feszültségeket állítja elő a katódsugárcső számára. A magas működési frekvencia miatt csak különleges (Schottky-) diódákkal lehetne az elektroncsöveket kiváltani, így ne is kísérletezzünk a 2 kHz-es BY 238-as diódákkal.

A  $T_1 \dots T_4$  tranzisztorok a nagyfeszültség stabilizálását végzik el a szekunder oldalon egyenirányított feszültségből vett minta segítségével. Természetesen csak stabilizált kisfeszültségű tápegység esetén van ennek értelme, így tehát aki nem kívánja hitelesíteni oszcilloszkópját, az oszcillátort az „A” ponton földelve a teljes szabályozó-erősítőt elhagyhatja (az A és B pontok közötti kapcsolási részleteket). A négy tranzisztor helyettesíthető bármilyen műveleti erősítővel (709, 741 stb.), amint ezt a 7. ábra mutatja.

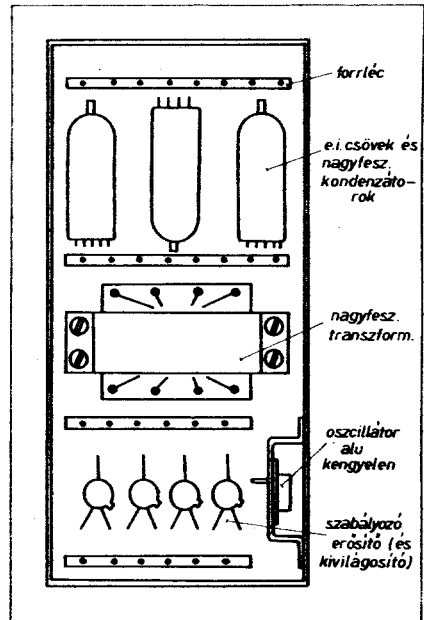
A kapcsolás tranzisztorra nem túl kényes, elsősorban alacsonyfrekvenciás tí-

pus a legalkalmasabb, pl. TIP 32, vagy hasonló; germánium tranzisztor ide nem alkalmas, mert „elmelegszik”, az oszcillátor leáll, vagy a tranzisztor megfut.

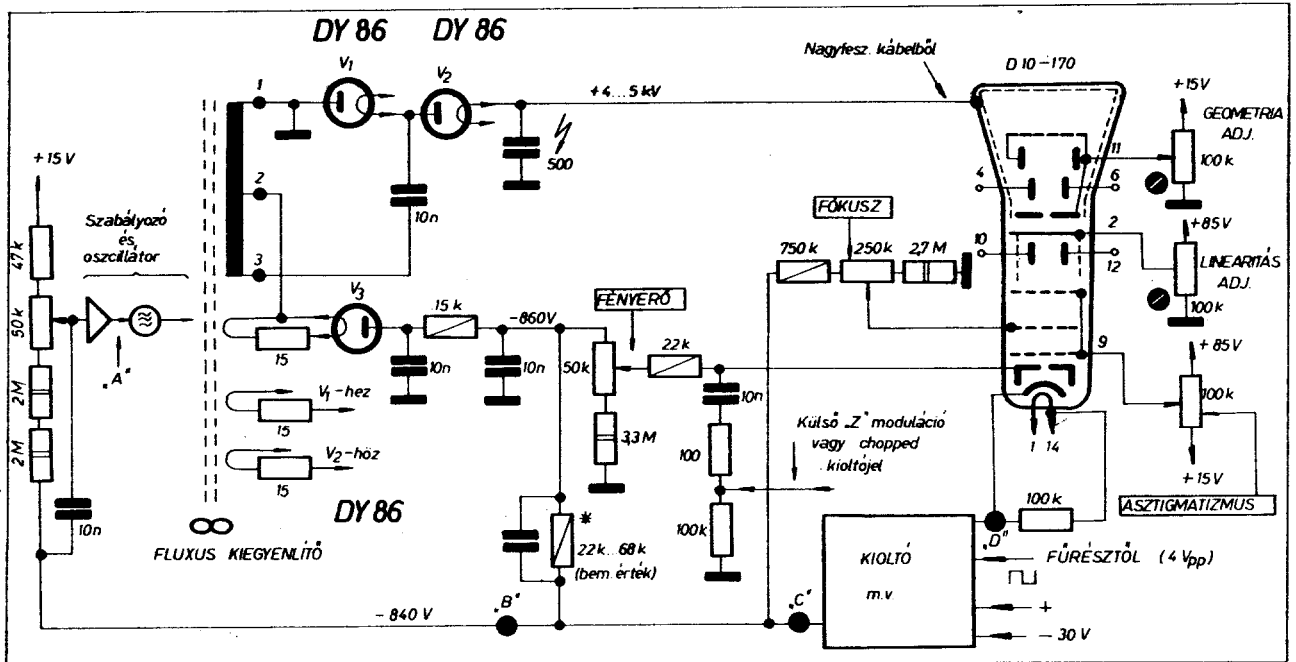
Az egyenirányítócsövek fűtése egy menet tv nagyfeszültségű kábel az M vas oldalsó jármára. A szűrőkondenzátorok a fókuszosztóban lehetnek tv buszter-kondenzátorok, az utángyorsító áramkörben esetleg kettőt kapcsolhatunk sorba az átütési veszély elkerülésére. A teljes nagyfeszültségű tápegységet célszerű lyukakkal ellátott fémdobozba építeni a szórás csökkentése érdekében. Ez célszerű életvédelmi szempontból is, noha az egész áramkör olyan kis teljesítményű, hogy áramütés esetén egy-egy „lórúgászerű” ütással megúszzuk a dolgot, no meg egy kis égettészű lyukkal a kezünkön...

Egy alkalmas elrendezésű dobozt mutat be a 8. ábra. A teljesítménytranszisztor csillám alátéttel a doboz belső oldalára szerelhetjük a jobb hűtés céljából. Az elektromos szerelvényeket úgy erősítsük fel a doboz belsejében, hogy átfújás, átütés ne jöhessen létre a doboz fémrészei felé. Ügyeljünk a gömbölyded forrasztásokra, a csúcsok mindig fűjnek a magas működési frekvencia miatt.

A nagyfeszültségű dobozt lehetőleg a bemenetektől a legtávolabb helyezzük el. A dobozba csatlakozó vezetéseket ajánlatos (de nem feltétlenül szükséges) átvezető kondenzátorokon keresztül bevezetni. Ez természetesen csak a kisfeszültségű vezetésekre vonatkozik. Az utángyorsító feszültséget TV „nagyfesz. kábel”, a fókusz és fényerő gombokra menő vezetéseket bármilyen vastagabb szigetelésű bekötőhuzalon vesszük. A katódsugárcsőre egy tv-klipsz segítségével csatlakoztathatjuk az utángyorsító feszültséget. Vigyázzunk, a katódsugárcső ugyanúgy



8. ábra. Egy célszerű dobozelrendezés. A kitöltő multivibrátor beépítése vagy a szabályozó erősítő táján, de inkább az egyenirányítócsövek felett lehetséges, célszerűen kerámialécen



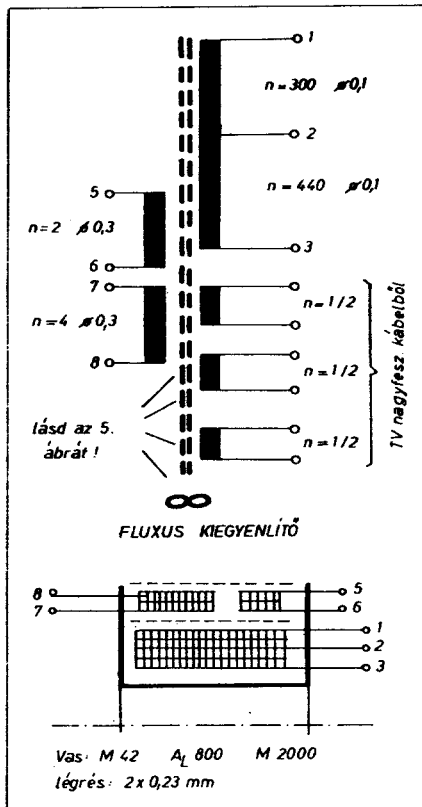
9. ábra. Nagyobb utángyorsító feszültségű katódsugárcső tápellátása. A szabályozókör az előbbi két variáció egyike lehet, módosítás nélkül

megőrzi töltését, mint a tv-képcső, tehát a cső ki-be szerelésénél erre ügyeljünk!

Amint az 5. ábra feszültségadataiból is kiderül, a kapcsolás kb. 1200 V-os utángyorsító feszültséget szolgáltat. Előfor-

dulhat, hogy jobb, nagyobb ernyőméretű és érzékenyebb katódsugárcsővet tudunk beszerezni pl. inkurenciából. A kapcsolás minimális átalakítása szükséges csupán, valamint egy új transzformátor az 5 kV körüli utángyorsító feszültség előállításához. A 9. ábrán csak az érintett rész van feltüntetve, a 10. ábrán pedig az új transzformátor rajza látható. Új alkatrész az utángyorsító feszültséget simító kondenzátor, amely a tv sorméret-szabályozó 50...100 pF-os kondenzátorokból rakható össze. Más, nem impulzustűrő alkatrész rövid idő alatt meghibásodik ezen a helyen. Beméréskor fokozottabb figyelem szükséges a megemelt feszültségek miatt.

ből felépített egyszerű erősítőkkel is tetemes érzékenységet érhetünk el. Sajnálatos, hogy ekkor a műszer univerzális jellegéből igen sokat veszít, ugyanis egyenfeszültséget nem lehet vele mérni. Esetleg túlvezérlés, vagy nagy egyenfeszültségen üllő kis váltófeszültség mérésekor a fokozatok közötti csatoló-kondenzátorok feltöltődnek-kisülnek, egyes fokozatok emiatt lezárnak-leültetődnek, az erősítő egy-egy tranzienst után bosszantóan nehezen tér magához. Minél alacsonyabb az alsó határfrekvencia, a hatás annál fokozottabb. Esetenként 10...20 másodperc-ről van szó, tehát egyáltalán nem elhanyagolható a hátrány. Előnyös viszont, hogy igen kis tranzisztorszámmal megússzuk az erősítőt, hőmérsékleti drift nélkül. A későbbiek során ismertetendő MINI-oszcilloszkópokban ezért kompromisszumos megoldást mutatunk be, azaz hogyan lehet kevés tranzisztorral nagy erősítést rossz tranzienst viselkedés nélkül elérni.



10. ábra. A 9. ábra szerinti oszcillátor nagyfeszültségű nagyfrekvenciás transzformátora

## 2. Vertikális erősítők

Egy általános rendeltetésű oszcilloszkóp a 11. ábra szerinti fő részekből áll. A vertikális erősítő feladata a vizsgálandó jel felerősítése olyan szintre, ami az ernyőn jól kiértékelhető jelet eredményez. Mivel esetenként tetemes erősítésre van szükség, a vertikális erősítő rendszerint az elektronágyúhoz közelebb levő lemezpárt hajtja meg, ugyanis ez mindig érzékenyebb, mint a távolabbi.

A másik lemezpárra vagy az idővel arányos (lineárisan változó, fűrészes alakú) feszültséget kapcsolhatunk, vagy pedig külső jellel meghajtva Lissajous-ábrákat állíthatunk elő, illetve wobbulátor lökőfeszültségét ide csatlakoztatva frekvenciamenetet vizsgálhatunk. Az időeltérítést álló ábra elérése céljából szinkronizálni kell a vizsgálandó jellel.

Alapvetően kétféle vertikális erősítő létezik. Kisebb igényű készülékekben meg lehet kerülni a tranzistoros erősítőkben jelentős munkapontvándorlási problémákat és kondenzátoros csatolású fokozatok-

A korszerű amatőr oszcilloszkóp minden esetben DC csatolt. Így lehetőség van egyenáramú szintek mérésére; jó kivitel esetén (stabilizált tápegységekkel) hitelesíthető mérőműszert építhetünk. Ez utóbbi természetesen csakis utángyorsító, stabilizált nagyfeszültséggel meghajtott csővel képzelhető el.

Itt hívom fel az amatőrök figyelmét arra, hogy az olcsó, utángyorsítás nélküli csövek két kivételben készülnek, mégpedig szimmetrikus és aszimmetrikus meghajtás számára. Az alapeset a szimmetrikus cső, itt a lemezpár ellenütemben vezérlendő, vagyis elengedhetetlen az ellenütemű szimmetrikus végfokozat. Ha az ilyen csövek egyik eltérítőlemezét vezéreljük csupán, és a másikat egy hideg osztóra kötjük fel, az ernyőkép torzított (12. ábra), nem beszélve arról, hogy vezérlés közben így a lemezpár átlagos potenciálja változik, tehát kiküszöbölhetet-