

# Akusztikus kijelzésű GDO

Chrenkó Ferenc és Nagymáté Csaba villamosmérnökök

A GDO-t, a rádióamatőrök egyik legnépszerűbb műszerét, még az „elektroncsöves világban” találták ki. A GDO rövidítés az elektroncsöves oszcillátor rácsáramának esésére (csökkenésére) utal, és a Grid Dip Oscillator angol kifejezésből ered. Ez az elnevezés mind a mai napig fennmaradt annak ellenére, hogy a tranzisztornak nem rácsa (grid), hanem bázisa vagy kapuja van, de szokás csak egyszerűen dip-mérőnek is nevezni e műszert. Ezen egyszerű felépítésű készülék az oszcilloszkóp és a multiméter mellett a rádióamatőr leghasznosabb és legsokoldalúbb műszere.

Az ismertetésre kerülő GDO egy kiforrott, gyakorlatban jól bevált konstrukció, amiből már több száz példány készült el.

## Mire jó a GDO?

A GDO egy LC-oszcillátor, amelyben az előállított jel frekvenciája és amplitúdója széles határok között változtatható, és amelyet különféle nagyfrekvenciás áramkörökkel, elemekkel lehet csatolásba hozni. A szükséges nagy üzemi frekvenciatarományt többnyire forgókondenzátorral és több, az egyes mérési tartományokat meghatározó, dugaszolható tekercsekkel szokás elérni. Ilyenkor, mint a most ismertetésre kerülő GDO esetében is, a tekercsüket a GDO elején található aljzatba kell dugaszolni, és azt a mérendő áramkörhöz közelítve lehet azzal induktív csatolásba hozni. A csatolás mértéke a távolsággal fordított arányban változik.

A GDO legjellemzőbb aktív üzemmódú alkalmazása a rezgőkörök rezonanciafrekvenciájának meghatározása. Ez a mérés azon a jelenségen alapul, hogy ha azonos frekvenciára hangolt rezgőköröket csatolásba hozunk egymással, már kismértékű csatolás mellett is igen erős hatást gyakorolnak egymásra. Ez főleg a leszívás (elszívás) jelenségében mutatkozik meg, vagyis abban, hogy a rezgőkörök egymástól energiát vesznek át. Esetünkben ez azt jelenti, hogy ha egy rezgőkörrel csatolásba hozott GDO frekvenciáját változtatjuk, akkor rezonancia esetén a mért rezgőkör az oszcillátorból egy megha-



tározott frekvencián energiát szív el, ami miatt az oszcillátor rezgésének amplitúdója csökken. Ez a tulajdonképpen dip-jelenség, mely hatás meglehetősen erős, még kisebb tekercsnél is akár 5–6 cm-ről is érzékelhető.

Az amplitúdó(változás) kijelzésére régebben mutatós műszert vagy varázsszemet használtak. A tranzisztoros készülékeknél a mutatós műszer gyakori, de LED-, vagy hangkijelzést is szokás használni. A kijelzőn érzékelhető változás maximumánál van a rezonanciafrekvencia, amelynek értékét a GDO forgókondenzátorának skálájáról lehet leolvasni.

Természetesen nemcsak rezgőkör, hanem sokféle rezonáns elem vagy áramkör mérésére is alkalmazható ez az eljárás, a diszkrét elemektől a tápvonallig. A rezonancia „élességéből” a körjóságra is következtethetünk.

A fenti módszer alkalmazható ismert értékű kondenzátor vagy induktivitás alkalmazásával induktivitás vagy kapacitás mérésére is. Rezgőkört hozunk létre és a közismert Thomson-képlet segítségével a rezonanciafrekvencia és az ismert elem értékéből kiszámítható az ismeretlen elem értéke. Ráadásul akár annak a frekvenciának a közelében, ahol azt használni kívánjuk.

A GDO-ból egy egyszerű dróthurok vagy tekercs segítségével is lehet jelet kicsatolni. A kicsatolt jel amplitúdója a távolsággal hasonlóan széles tartományban változtatható, mint egy ún. piszton-osztós szignálgenerátornál, az eleve beépített amplitúdószabályzóról nem is szólva.

Vevők mérésénél, behangolásánál adóként is alkalmazható a GDO, ha bekapcsolt állapotban letesszük egy bizonyos távolságra a készüléktől. A GDO-k (pl. az utóbbi két alkalmazás miatt) gyakran szinuszos oszcillátort és modulátort is tartalmaznak. Többnyire a GDO is használható ugyanazokra a célokra, mint egy szignálgenerátor, csak kisebb pontossággal.

A GDO *passzív üzemmódban* is használható. Ilyenkor a saját rezgését megszüntetjük vagy erősen lecsökkentjük és keressük azt a frekvenciát, ahol a GDO rezgőköre szív el energiát a mérendő áramkörből. Ez az ún. abszorpciós frekvenciamérés. Ezzel a módszerrel kereshetünk jeleket és a felharmonikusok, vadrezgések is megtalálhatóak így. Lehet üttetni is a mérendő jelet a saját rezgéssel, ez pontosabb frekvenciamérést tesz lehetővé.

Látható, hogy az egyszerű és olcsó GDO több, különféle műszer funkció-

ját látja el egymaga, bár pontossága hagy némi kívánnivalót maga után. Ezen viszont segíthetünk. A frekvenciamérések pontossága nagymértékben javítható egy digitális frekvenciamérő beiktatásával, ahol pontosabban kell mérni valamilyen amplitúdót, ott pl. oszcilloszkóppal vagy RF-voltmérővel lehet kiegészíteni a mérési elrendezést.

### A GDO felhasználási lehetőségei:

- Rezgőkörök, antennák rezonanciafrekvenciájának meghatározása.
- Tápvonalak elektromos hosszának meghatározása.
- Modulált vagy modulálatlan szignálgenerátor.
- Abszorpciós frekvenciamérés.
- Induktívitas, kapacitás mérése.

### A GDO főbb jellemzői

- A műszer tranzistoros kivitelű, kis méretű és könnyen kezelhető. Két forgógombbal és két kapcsolóval rendelkezik, amelyekkel beállítható a fent felsorolt mérések mindegyikéhez.
- Az indikátor egy hangfrekvenciás VCO (feszültség vezérelt oszcillátor), beépített piezohangszóróval. A hallható hang magassága az RF-amplitúdóval arányos. Ennek a megoldásnak köszönhetően gyors és pontos a

Frekvencia-tartomány	420 kHz – 220 MHz
Névleges sávhatárok	0,42–1,3 MHz; 1,1–3,4 MHz; 3,2–9 MHz; 8,5–24 MHz; 23–65 MHz; 60–220 MHz
Tápellátás	1 db 9 V-os telep
Fogyasztás	2-5 mA, beállítástól függően
Méret	123 x 70 x 29 mm (SD-10 doboz)

rezonanciahely meghatározása, valamint nem kell állandóan a műszert nézni. Nagy előnye ennek a kijelzési módnak, hogy a jel akár több százszoros tartományban is változhat anélkül, hogy a kijelzés hatékonysága csökkenne, elmentében a mutatós vagy a LED kijelzéssel, amelyknél folyton állítgatni kell az amplitúdót vagy a kijelző érzékenységét.

- Igen széles a működési frekvenciatartomány, a középhullámú KF-fokozatoktól az URH-sáv jelentős tartományáig használható.

- A műszer 6 db-os dugaszolható tekercskészlettel rendelkezik.

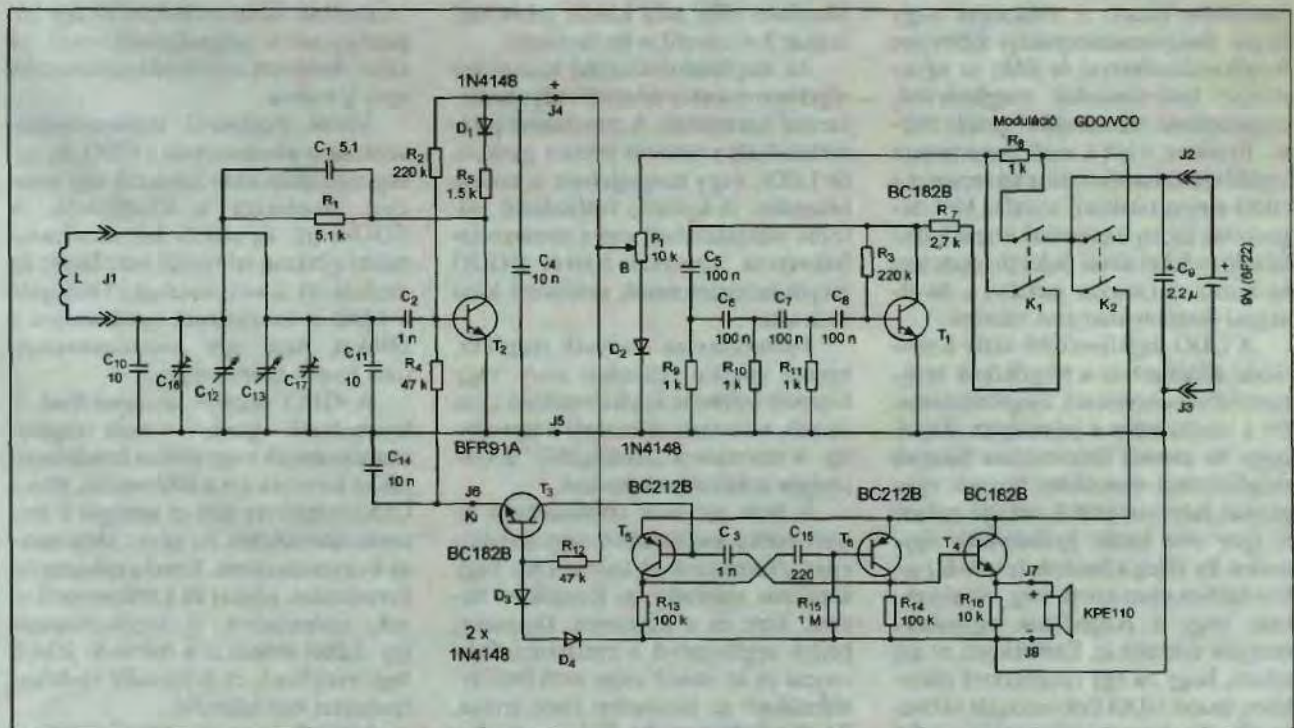
- Az amplitúdómoduláció (AM) szinuszos és kismértékű járulékos FM-mel (frekvenciamodulációval) is jár.

### A GDO működése

A GDO több szempontból rendhagyó kivitelezésű, eltér a szokásos megoldásoktól, hogy a fenti paramétereknek megfeleljen. Az oszcillátor nem nyáklemezen, hanem közvetlenül a forgókondenzátoron, légszereléssel helyezkedik el.

Ennek a felépítésnek az a célja, hogy a minimumra csökkentse a szórt kapacitások és induktívitasok nagyságát. Nagyon széles mérési tartományt ugyanis csak úgy érhetünk el, ha a kapacitást a forgókondenzátorba, az induktívitaspedig a dugaszolható tekercsbe koncentráljuk, a lehető legnagyobb mértékben. A forgóra-szerelés eredményeként a GDO-nak több, mint ötszázszoros lett a frekvencia-átfogaása (0,42 MHz – 220 MHz).

Az oszcillátor, a kétkivezetésű tekercsnek megfelelően, szokványos kapacitív hárompont kapcsolási, kettős forgókondenzátorral (1. ábra). A frekvenciát alapvetően a cserélhető L induktívitas, valamint a forgókondenzátor ( $C_{12}$ ,  $C_{13}$ ), a forgókondenzátor beépített trimmerei ( $C_{16}$ ,  $C_{17}$ ) és a  $C_{10}$ ,  $C_{11}$  határozza meg. A tekercs mérete kisebb az elektroncsöves műszereknél megszokottnál, így jobban illeszkedik a tranzistoros készülékekhez. Az  $R_1C_1$ -tag frekvenciafüggő visszacsatolást



1. ábra. A GDO kapcsolási rajza

okoz, kisebb frekvenciákon kisebb a visszacsatolás. A rezgés erősségét az oszcillátor tápfeszültségével szabályozzuk a  $P_1$ -es, előlapról kezelhető potenciométer segítségével.

Egy másik különlegessége a GDO-nak, hogy nem tartalmaz külön egyenirányító diódát. A dióda szintén nemkívánatos, ráadásul amplitúdófüggő kapacitással rendelkezik, és egyébként sem szükséges. Az oszcillátor amplitúdóhatárolását ugyanis főleg a  $T_2$  bázis-emitter diódáján keletkező negatív feszültség okozza, amely  $C_2$ -t egyenszintre tölti. Ez a feszültség a rezgőkörből jövő jel nagyságával arányos, ráadásul egy olyan diódán keletkezik, amelyen nem kell nyitófeszültséggel számolni, mert az oszcillátor működéséből adódóan mindig pont a megfelelő mértékben van előfeszítve. Így gyakorlatilag jobb a legjobb Schottky-diódánál is. A tranzisztor bázisán levő egyenfeszültséget az  $R_4C_{14}$  szűrőn keresztül vesszük le.

Hátránya ennek a megoldásnak az, hogy a viszonylag nagy, 0,6 V körüli, több dologtól függően változó nyitófeszültséghez képest keletkezik ez az egyenfeszültség. Ezt elvileg úgy mérhetjük meg, hogy  $T_2$  bázisfeszültségének átlagát összehasonlítjuk egy pontosan ugyanilyen, egyenáramúlag azonos körülmények között levő, de váltakozó áramú erősítést nem végző tranzisztor bázisfeszültségével. Kísérleti úton kiderült, hogy a gyakorlatban legendó akár egy közönséges szilíciumdióda nyitófeszültségével elvégezni ezt az összehasonlítást, hiszen nem a rezonancia amplitúdójának pontos megmérése a cél, hanem csak a változások érzékelhetővé tétele.

Ez a gyakorlatban úgy történik, hogy a  $P_1$ -ről jövő feszültség hatására az  $R_2$ -n és  $R_{12}$ -n folyó áram nemcsak  $T_2$  BE-diódáját feszíti elő, hanem a  $D_3$ -at és a  $D_4$ -et is, így  $T_3$  bázisán kétszeres nyitófeszültség jelenik meg.  $T_3$  BE-diódáján is keletkezik nyitófeszültség, így emitterén hasonló feszültség van, mint a  $T_2$  bázisán. Ha a  $T_2$  bázisán az egyenfeszültség az egyenirányított rezgés hatására csökken, az  $R_4$ -en ezzel arányos áram folyik a  $T_3$  emitteréből, amely a  $T_3$  kollektorán is megjelenik.

A  $D_1$  és  $D_2$  szerepe az, hogy kis amplitúdóknál is finoman szabályozható legyen a rezgés, és annak detektálása is pontos legyen. Ennek megfelelően, amint az oszcillátor tápfeszültségét csökkentjük, először a  $T_2$  kollektorfeszültsége fog el, miközben valamek-



2. ábra. Az RF-oszcillátort a forgókondenzátor hordja

kora nyitófeszültséget mindig kap. Ilyenkor egy kis áram folyik  $T_3$  emitteréről is a  $T_2$  bázisába, ami azt eredményezi, hogy a  $T_3$  kollektorárama a lehető legkisebb rezgés hatására is megváltozik, igen érzékeny detektálást téve lehetővé.

A kimenő jelünk  $T_3$  kollektorárama, amelyet érzékelhetővé kell tenni. Ezt egy egyszerű astabil mutivibrátorral végezzük, ami VCO-ként működik és frekvenciáját főleg  $T_3$  kollektorárama határozza meg. A multivibrátor egy kis piezohangszórót, „passzív zümmert” hajt meg, emitterkövetőn keresztül.

Ez a megoldás, a fent említett okból, jobbnak bizonyult, mint a mutatós vagy LED-es kijelzési módok, ráadásul igen egyszerűen megvalósítható. A GDO-val végeredményben egy  $\varnothing 4$  mm-es vasmagos tekercsel felépített árnyékolatlan rezgőkör rezonanciafrekvenciáját 5–6 cm-ről lehet pontosan megmérni, ami egy éppen hallható, hirtelen amplitúdócsökkenést jelent.

A műszer modulált szignálgenerátorként is alkalmazható. Ezért egy fázistolós hangfrekvenciás oszcillátort is tartalmaz ( $T_1$ ), ami kb. 600 Hz-es szinuszelet állít elő. A moduláció a nagyfrekvenciás oszcillátor tápfeszültsé-

ségének változtatásával történik oly módon, hogy a hangfrekvenciás oszcillátort párhuzamosan kapcsoljuk a  $P_1$ -gyel. Az  $R_8$  soros ellenállás miatt így a  $P_1$  feszültsége szinuszosan ingadozik, modulálva az RF-oszcillátort. Ezzel a megoldással el lehetett érni, hogy a moduláció mélysége ne legyen túl nagy, akkor sem, ha a rezgés amplitúdója kicsi. Így csak az oszcilláció leszakadásának közelében lesz az oszcillátor túlmodulált, ahol ennek gyakorlatilag már nincs jeletősége. Természetesen kissé az RF-oszcillátor frekvenciája is változik a moduláció hatására, így az amplitúdó- és frekvenci moduláció egyszerre van jelen. Ezért AM- és FM-vevők vizsgálatára egyaránt használható a GDO.

A GDO aktív üzemmódját a  $K_2$  „Be” állása adja, amikor is az RF-oszcillátor mellett a VCO is bekapcsolódik. A  $K_1$ -es kapcsoló aktiválja a modulációt.

## A GDO megépítése

A készülékhez az elektronikai alkatrészboltokban kapható SD-10 típusú doboz megfelelő, a nyomtatott panel is ehhez illeszkedik.

A műszer egyik legkritikusabb alkatrésze a forgókondenzátor. A legjobban egy zsebrádiókban alkalmazott japán forgókondenzátor vált be, amely középhullámú és URH kettősforgó is egyben, és egy időben nagy mennyiségben volt beszerezhető. (A szerzőnél egy kisebb mennyiség jelenleg is még elérhető. – A szerk.) Ilyen vagy ehhez hasonló minden rádióamatőr műhelyében lapul valahol. A tapasztalatok szerint a csak középhullámú forgók is megfelelőek, de ha egy forgó URH-részt is tartalmaz, az garancia arra, hogy a dielektrikum nagyobb frekvenciákon is jó. Egy ilyennek a nagyobb kapacitású, középhullámú kettősforgóját és trimmereit használjuk fel, az URH-részt ki kell hagyni.

Az oszcillátort a 2. ábrán látható módon közvetlenül a forgókondenzátorra építjük fel. A kis méreteknek köszönhetően a légszerelés ellenére is mechanikailag stabil ez a megoldás. Először a forgó és a trimmer kivezetéseit forrasztjuk össze, majd a tranziszort forrasztjuk fel emitterénél fogva a forgó középső kivezetésére. Ezután jön  $C_{10}$ ,  $C_{11}$ ,  $C_1$  és  $C_2$  a lehető legrövidebb kivezetésekkel, és ezekre építjük fel a többi alkatrészt. Fontos, hogy az ellenállások is kis méretűek legyenek, ere-



3. ábra. A GDO belső felépítése (alulnézet)

detileg az összes ellenállás R20 típusú, 2 raszteres szénréteg ellenállás.

Ez a szerelés kapacitásszegény megoldás. Az oszcillátornak induktivitásszegénynek is kell lennie, ezért a dugaszolható tekercsek csatlakozóját rövid úton kössük a forgó kivezetéseikhez! De nem a minél rövidebb vezeték csupán a fontos, hanem az, hogy az minél kisebb felületet zárjon körbe, mert így a legkisebb az induktivitása. Jó megépítés esetén, ha a tekercsek csatlakozóját kívülről rövidre zárjuk, akkor közel 300 MHz-es oszcilláció érhető el.

A forgó tengelye 28 mm-re van a doboz elülső szélétől (kívül mérve). A panel olyan méretű és úgy kell elhelyezni, hogy közte és a forgó között egy 9 V-os telep lapjával pont elférjen (3. ábra). Hogy ne mozogjon, némi polifoamot kell ragasztani a telep és a doboz közé, de még a telep alá részben elfér a lapos KPE-110 hangszóró is.

A GDO nyomtatott áramköri paneljának a rajza a 4. ábrán, alkatrészeinek beültetése az 5. ábrán látható. A nyák

eredetileg két ISOSTAT kapcsolóhoz készült, amelyek gombjai a doboz végén kiállnak, de természetesen más kapcsoló is megfelel, pl. a KNX-2 típusú kettős váltó. (A GDO utolsó változata már ezt tartalmazta.) A panelt két szegecselhető anya tartja.

**A tekercsek elkészítése.** A tekercsek 11 mm átmérőjű műanyagcsőre készültek, ami egyszerű PVC védőcső (6. ábra). Az alsó három sáv tekercse eredetileg 0,05 mm átmérőjű zománczott rézhuzalból (CuZ) készült.

Célszerűen vastagabból is elkészíthetők, miként azt a fenti táblázat adatai is mutatják. Az aktuális menetszámok természetesen erősen függenek az alkalmazott forgókondenzátortól, így azt minden GDO-hoz kísérletileg kell megállapítani.

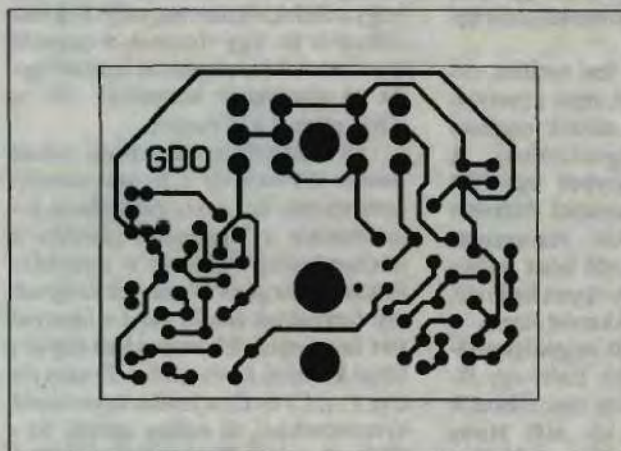
A PVC védőcső hossza az alsó sávon kb. 40 mm, a többin kb. 20 mm. Az alsó két sávhoz egy nagyobb ferritmag vagy egy ferritantennából letört darab is kell. A ferritantenna „darabolására” ajánljuk az alábbi módszert, amit csak

Tekercs adatok		
Sáv (MHz)	Menetszám	Huzal
0,42-1,3	215	Ø0,1 mm CuZ + kb. 2 cm-es ferrit-antenna darab
1,1-3,4	125	Ø0,2 mm CuZ + kb. 1 cm-es ferrit-antenna darab
3,2-9	49	Ø0,2 mm CuZ
8,5-24	12	Ø0,33 mm CuZ
23-65	4 1/3	Ø0,6 mm CuZ
60-220	1	önhordó hurok

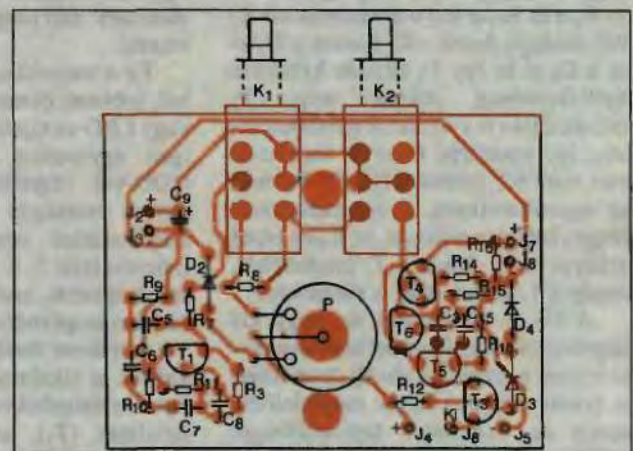
nagy óvatossággal és körültekintéssel alkalmazzunk! Puha grafitceruzával (min. 2B-s legyen) rajzoljuk körbe a ferritrudat az elvágni kívánt helyen. Mérőzsinórral egy 150 W-os (vagy nagyobb) izzólámpán keresztül ellentétes pontokon vezessük rá a „grafitgyűrűre” a 230 V-os hálózati feszültséget. (Elvileg égő nélkül sem veri ki a biztosítékot e módszer.) A helyi izzítás után a felületi feszültség miatt a ferrit a berajzolt helyen elpattan vagy koccantásra eltörhető.

Tekercselésnek az egyrétegű a legjobb, mert több réteg esetén káros mellékrezonanciák keletkeznek. A szabálytalanul, össze-vissza tekercselte ferritmagos induktivitás is megfelelő volt az alsó két sávra.

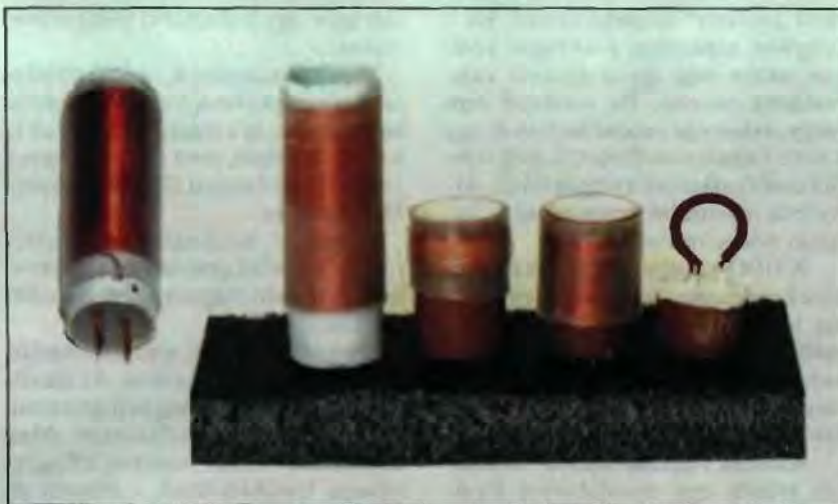
A tekercsek csatlakozójának megvalósítására két megoldás vált be. Használhatjuk a szokásos ovális műanyag hangszóróaljzatot, amit a doboz elejére, az oszcillátor elé ragasztunk. A dugaszok végeit pedig levágjuk, belülről (melegen) kitágítjuk őket és a teker-



4. ábra. A GDO nyomtatási rajza



5. ábra. A GDO alkatrész-beültetési rajza



6. ábra. A GDO tekercskészlete

cseket ezekbe ragasztjuk. A hangszóró-csatlakozóknak viszonylag kicsi a kapacitása, ezért felének meg.

Készíthetünk saját csatlakozót is. Ehhez kisebb méretű hüvelyek és tűskék kellenek, amelyeket pl. DSUB-csatlakozókból termelhetünk ki. Egy vastag műanyag- vagy fémlapra egy 12 mm átmérőjű kört karcolunk és ebbe egymástól 5–6 mm-re két, a tűskéknek megfelelő átmérőjű furatot készítünk. A tűskéket ezekbe a furatokba dugjuk, a feltekercselt huzalt ráforrasztjuk, majd a 11 mm-es csövet pontosan a kör belsejébe helyezzük. Ha kell, körben leszigeteljük és a belsejébe műgyantát (pl. Eporapid, Uverapid) öntünk, hogy ez egy dugót képezzen, ami a tűskéket tartja. Előbb a cső belsejét érdesíteni kell, hogy ez a dugó ne tudjon majd kicsúszni, a tűskéket is ennek megfelelően forrasztjuk. A műanyag lapot vékonyan be kell kenni cipőpasztával, szilikonzsírral stb., hogy ne ragadjon hozzá a műgyanta. A kész tekercseket kívülről öntapadó fóliával vagy zsugorcsovel vonhatjuk be. A legfelső sáv induktivitása csak egy dróthurok, ami pl.  $\varnothing 1,5$  mm-es rézvezetékéből készülhet, kb. 7 mm-es átmérővel.

Az aljzatot úgy készíthetjük el, hogy a doboz elejét megvastagítjuk a hüvelyeknek megfelelő mértékben úgy, hogy műanyaglapot vagy -lapokat (célszerűen fólia nélküli nyákból) ragasztunk rá pillanatragasztóval. A legutoljára felragasztott lap egy egyoldalas nyáklemmez legyen. Ezután átfúrjuk a doboz elejét a megvastagított részen, ott ahol a hüvelyek lesznek. A nyák belső oldalán a két furat körül forrasztást alakítunk ki a felesleges rézfó-

lia eltávolításával, és ebbe forrasztjuk a hüvelyeket.

A használatra javasolt forgókondenzátorok tengelye általában túl rövid, ezért azt meg kell toldani. Ezt egyszerűen úgy végezhetjük el, hogy egy 6-os műanyag tengelyű potenciométer vagy kapcsoló tengelyéből levágunk egy 6 mm hosszú darabot. Ebbe egy  $\varnothing 2,5$  mm-es furatot készítünk és átmenő csavarral a forgó tengelyéhez rögzítjük, amihez egy vékony réteg pillanatragasztót is célszerű használni. Fontos, hogy a toldás egyenes és a furatközpontos legyen, ezért lehetőleg esztergával kell elkészíteni. Eszterga hiányában egy állványos fűrőgép is megteszi: A levágott tengelydarabot befogjuk a tokmányaiba, és egy lapos reszelőnek nyomjuk, majd prizmás gépsatuba fogjuk a fűrőt és úgy fűrjük át.

A mutatót legegyszerűbb egy átlátszó vonalzóból elkészíteni, amit közepen kifurunk és hosszában végigkarcolunk. Karcolás helyett vékony, sötét színű huzalt is alkalmazhatunk, amit egy átlátszó fóliával rögzítünk.

A skála egy 44 mm átmérőjű papírkorong, amire az osztásokat vékony csőtollal vagy tüfillel visszük fel, miközben az aktív GDO frekvenciáját frekvenciamérővel vagy pontos skálájú vevővel mérjük. Igazán pontosan félbevágott mutató segítségével lehet bejelölni az osztásokat.

A skála egy pontján bejelöljük a gomb mindkét oldalán a mutató pontos helyét. A forgatógombra úgy rögzíthetjük a mutatót, hogy pontosan ide helyezzük és a ragasztóval a mutatóval való érintkezés helyén bekent forgatógombot rányomjuk. A patronos forga-

tógombok pontosabbak, a hernyócsavaros megoldásúak hajlamosak az elferdülésre. A kész skálát átlátszó öntapadó fóliával védhetjük a szennyeződéstől.

A forgókondenzátor trimmereit úgy kell beállítani, hogy a frekvenciaátfógás kb. 3,5-szeres legyen. Némileg szabályozhatjuk a frekvenciamanetet is a trimmerek kissé aszimmetrikus beállításával.

A rezgés amplitúdója változik a forgókondenzátor forgatásával. Mivel az aktív GDO működése közben állandó hangot hallat az előbbi megállapítás úgy érzékelhető, hogy a hangmagasság kissé változik a forgó átforgatásakor. Legnagyobb mértékű a változás a két szélső sávban, mindkét esetben beforgatott forgónál a legkisebb az amplitúdó. Az előbbi megfigyelés egyben az RF-oszcillátor működőképességének akusztikus ellenőrzése is.

A legfelső sávban előfordulhat gerjedés, kb. minden tizedik műszernél volt ilyen tapasztalható. Ezt abból lehet észrevenni, hogy a frekvencia változásával az amplitúdó, azaz a hallható hang, ugrásszerűen megváltozik. Ilyen esetben  $R_2$ -t kell megnövelni. A legalsó sávban könnyen leszakadhat a rezgés, ha a tekercs saját kapacitása túl nagy. A nyáklapon levő hangfrekvenciás oszcillátor és a VCO külön is bevizsgálható egy tápegység és a saját telep segítségével. A tápegység az RF-oszcillátor kimeneti jelét kell, hogy modellezze. (Tipikusan 0–0,5 V-os tartomány.)

## A GDO használata

*Dip-oszcillátor (aktív) üzem.* Közepes amplitúdót állítunk be a  $P_1$ -gyel, és a mérendő rezonáns elemmel csatlakoztatva hozzuk a GDO tekercsét, általában a hozzá való közelítéssel. Ez legegyszerűbb árnyékolatlan tekercsel rendelkező rezgőkörök esetében. A leszívás ez esetben általában igen erős és széles sávban érzékelhető. A rezgőkörök elhúzzák egymást, ezért a mérés akkor pontos, ha az érzékelt leszívás a lehető legkisebb, még egyáltalán érzékelhető.

Ez az üzemmód kiválóan használható a különféle rezgőkörök méretezésénél, a menetszámok pontos beállításánál. Kis gyakorlatlaltal az is érzékelhető, hogy a rezgőkör jósága megfelelő-e. Ez a módszer alkalmas a kondenzátorok és induktívitasok tesztelésére is, hogy megfelelnek-e nagyfrekvenciás célra. Nagyfrekvenciás rezgőkörbe szánt induktívitas és kapacitás is mér-

hető ezzel a módszerrel, ami jobb megoldás, mint a multiméterrel való mérés, mert a használathoz hasonló körülmények között mérjük az alkattelemeket.

A Thomson-képlet alapján kiszámítható a kapacitás és az induktivitás értéke, ha a másik rezgőköri elem ismert. A rádiófrekvenciás gyakorlatban a következő, jó közelítést adó képletekkel könnyebben számolhatunk, ha az „itt szokásos” mikrohenryvel ( $\mu\text{H}$ ), pikofaráddal (pF) és megahertzcel (MHz) dolgozunk az alábbi formulákban:

$$L \cong \frac{25\,300}{f^2 \cdot C} \quad C \cong \frac{25\,300}{f^2 \cdot L}$$

Rezgőköri elemeket arány mérésével is meghatározhatunk, úgy, hogy egy ismert nagyságú kapacitással megmérjük a rezonanciafrekvenciát, majd az ismeretlennel is.

A frekvenciaarány négyzetével fordítottan arányos a kapacitások aránya. Ugyanez vonatkozik az induktivitásokra is.

$$C_2 = C_1 \left( \frac{f_1}{f_2} \right)^2 \quad L_2 = L_1 \left( \frac{f_1}{f_2} \right)^2$$

Árnyékolt rezgőköröknél nehezebb a mérés, az árnyékolóserleget problémás eltávolítani, de nem is célszerű,

mert „elhúzza” az induktivitást. Ha a rezgőkör kapacitása a serlegen kívül van, akkor még így is elérhető valamekkora csatolás. Ha másképp nem megy, akkor egy vezeték hurkon és egy kisebb kapacitáson keresztül még mindig csatlakozhatunk a rezgőkörhöz. Árnyékolt tápvonalak rezonanciáit is hasonló módon mérhetjük ki.

A GDO-val egy rövidrezárt kivezetésű kondenzátor rezonanciafrekvenciája is kimérhető. Rádióamatőr szempontból igen tanulságos egy 100 nF-os hidegítő kondenzátor rezonanciáját meghatározni, a kivezetés hossza és a körbezárt felület függvényében.

Antenna rezonanciájának mérésénél szintén egy csatolóhurkot alkalmazhatunk, figyelembe véve, hogy annak induktivitása kicsi legyen, vagyis lehetőleg maximum egy menet hurkot alkalmazunk, amibe éppen belefér a GDO tekerése. Az antenna jósági tényezője viszonylag kicsi, ezért szorosabb csatolásra van szükség és kevésbé erős és éles lesz a rezonancia. De akár egy vezetékdarab rezonanciafrekvenciája is meghatározható (mint antennának), ha csatolásként a középezhez nyomjuk a GDO tekerését. A tapasztalatok szerint egy vékony vezeték nemigen mérhető így, egy nagyobb felületű

már igen, egy szalagkábel pedig erősen rezonál.

Nagyteljesítményű adókészüléket csak a végfokozat kikapcsolt állapotában mérünk, és a mérés után húzzuk ki a GDO tekerését, mert egy adó képes a rezonanciára hangolt GDO-t messziről is tönkretenni.

Kicsatoló hurokkal frekvenciamérőhöz is csatlakoztathatjuk a GDO-t, hogy pontosan megmérjük az oszcilláció frekvenciáját.

Passzív üzemmód, azaz abszorpciós frekvenciamérés, jelkeresés. Az oszcillátor rezgését vagy meg kell szüntetni, vagy nagyon le kell csökkenteni ehhez a méréshez. Passzív üzemben a  $P_1$ -gyel teljesen leszabályozzuk a műszert és úgy keressük rezonanciát. De jobban bevált a kis amplitúdójú oszcilláció, amikor frekvenciaegyezés esetén nagyon jól érzékelhető növekedés következik be az amplitúdóban. Ehhez általában kisebb csatolás is elegendő, mint a rezonancia-méréshez. Ezzel a módszerrel a vadrezgések, gerjedések is jól kimutathatók.

Szignálgenerátor. Rádióvevők behangolásához általában elég a közelben letenni az aktív GDO-t, bekapcsolt modulátorral és kikapcsolt VCO-val. Ha nagyobb jelre van szükség, akkor itt is a vezeték hurkos csatolást alkalmazhatjuk.