

Egy nagyon sokoldalú műszer: a VNA 4.

János János Sebestyén hőfizikus mérnök, irányítástechnikai szakmérnök, HA5GN

GDO-nak használva

A GDO, a Grid Dip Oszcillátor az amatőrök egyik hagyományos, jól ismert és igen fontos műszere. Ismertetésére itt nincs hely, a lényeg az, hogy érzékeltetni lehet, ha egy, az oszcillátorral induktíve csatolt és az adott frekvencián rezonáló rezgőkör energiát szív el. HASDH Lóri felismerte, hogy erre a VNA is képes, ráadásul a frekvencia meghatározása a VNA esetében sokkal pontosabb. A VNA által számított R_L , „return loss”, a visszaverés során elszenvedett veszteség tiszta induktív terhelés esetén nulla. Ha energia elszívás történik, akkor ez az energia már nem verődik vissza, hiányozni fog, ami R_L veszteség formájában jelentkezik. A rezonancia környékén a fázis is nagyon jellegzetesen, könnyen felismerhetően változva viselkedik. A VNA „kétpólus üzemi” GDO-ként működő elvezetés a 17. ábrán látható.

A néhány menetes csatoló tekercs egy hatos fűróra készült, utána a 14. ábrán látható mérőkábel végére lett forrasztva.

Először meg kellett keresni, hogy hol van a rezonancia, ez a 18. ábrán jól felismerhető. Utána a frekvenciahatárokat 20 és 22 MHz-re felvéve a 19. ábrán a rezonanciafrekvencia értéke pontosan meghatározható.

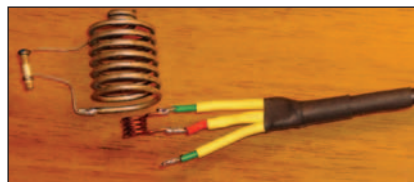
Fojtótekercesek vizsgálata

Talán erre a feladatra használható az USB portról táplált miniVNA a legnehezebben. Már a 6. ábra ismertetése során felmerült, hogy a tápfeszültség értéke és az 1 mW teljesítmény igénye elméletileg sem teszi lehetővé kb. 3200 Ω feletti impedancia értékek kezelését. Maga a gyártó is csak 5 és 500 Ω közötti impedanciák mérését javasolja, a képeken látható grafikonok felső értéke is 500 Ω . Maga a mérési elv ugyanis egy impedancia osztó működésére alapul, amelynek felső tagja pontosan 50 Ω , tehát az alsó tagja sem lehet ettől több nagyságrenddel nagyobb vagy kisebb.

Csőves végerősítők fojtóinak impedanciája ettől jóval nagyobb kell hogy legyen, akár az anódfeszültséget, akár a rácfszültséget szállítják.

Ezek impedanciájának mérése tehát nem jöhet szóba, káros rezonanciák keresése azonban már igen! Sokszor használunk viszont fojtótekerceket az antennakábelek 50 Ω -os impedancia szintjén is, rendszerint amikor tápfeszültséget kívánunk juttatni az antennaféjbe a koaxiális kábel segítségével. Ez rendszerint akkor szükséges, ha odafent előerősítő van, vagy antenna átkapcsoló relék. Vizsgálatukra az 500 Ω -ig aránylag pontos, de akár 3200 Ω -ig működő impedanciámérés már feltétlenül elegendő. Különösen fontos ez az egyre gyakrabban ferritmagra tekert fojtók esetében, hiszen a ferrit vesztesége és permeabilitása is erősen frekvenciafüggő, és készen szerzett fojtók esetében a ferrit típusa rendszerint nem ismert.

Soros rezonanciákat – amikor a fojtó impedanciája igen kicsivé válik – eddig nem tapasztaltam. Párhuzamos rezonanciákat – amit az induktivitás és annak szórt kapacitása együttesen hoznak létre – viszont annál gyakrabban. Régebben GDO segítségével kerestünk rezonanciákat: a sorozhoz összekötöttük a tekercs két végét, a párhuzamoshoz szabadon hagytuk. Felvetődik a kérdés: miért baj a párhuzamos rezonancia? A párhuzamos rezonanciát mutató fojtó – mint rezgőkör – impedanciája igen magas, mi pedig amúgy is nagy impedanciát szeretnénk látni. A baj a rezonáns, igen magas köráramok által okozott veszteségből származik, amelyek hatására a fojtó egyszerűen leég. Furcsa, hogy ez ellen a legjobb orvosság a tekercs alacsony jóságú tényezője, a kicsi Q , ami megakadályozza nagy köráramok kialakulását. Ezért szoktunk hosszú fojtótekerceket alkalmazni, a tekercs hossza sokszorosa az átmérőnek. A ferrit mag is hatásosan rontja a tekercs jóságát.



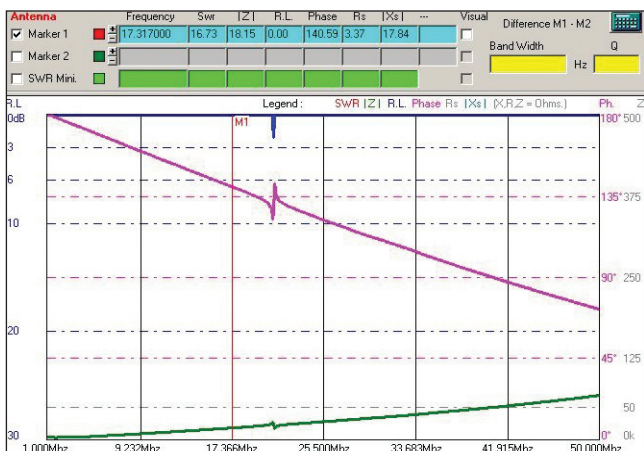
17. ábra

Az induktivitások képe a VNA grafikonján meglehetősen jellegzetes. Egy ferritmagos 22 μH induktivitású fojtó mérési eredményei láthatók a 20. ábrán. Alacsony frekvenciákon a tekercs induktivitása a domináns, az $X_L = \omega L = 2\pi fL$ képlet alapján az impedancia a frekvenciával arányosan nő (zöld görbe a baloldalon).

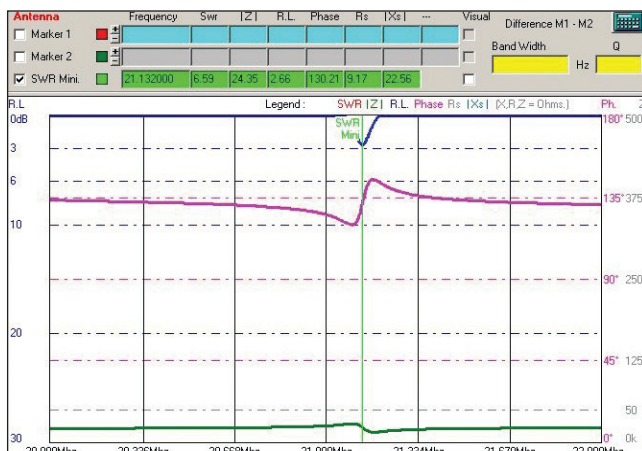
A grafikon jobboldalán már hiperbola szerint csökken az impedancia, hiába nő a frekvencia; ebben a tartományban a ferritnek már „elfogyott” a permeabilitása, és amúgy is a szórt kapacitás dominál, ami fordítottan arányos a frekvenciával: hiszen az a $X_C = 1/\omega C = 1/2\pi fC$ képletet követi. Valahol középtájt kell legyen a párhuzamos rezonancia, ami a magas impedanciája miatt nem mérhető. A gyanú 16 MHz környékére terelődik, ahol kismértékű veszteség mutatkozik (kék görbe), és a fázison is látszik valami minimális irányváltás (lila görbe). A veszteség azonban nagyon kismértékű, így ez a fojtó kitűnően megfelel.

A 21. ábrán egy nagyobb induktivitású, már 100 kHz-en is jól működő fojtó látható. Itt 30 MHz környékén 500 Ω alá esik az impedancia, igaz, ezen a frekin már nem lehet szokat követelni egy alacsony frekvenciára készült fojtótól. Kifejezett rezonancia figyelhető meg 43,6 és 83,2 MHz táján (M1, M2 markerek). A rezonanciák ugyanúgy néznek ki, mint a 19. ábrán látható GDO üzemi esetében: a lila fázis irányt vált, a kék veszteség, ha kevéssé is, de eltér a nullától (M1 és M2 markerek, és további ismétlődő rezonanciák), és a rezonancia a zöld impedancia görbén is jól látszik. Rezonancia ide vagy oda, a kis veszteség miatt ez a fojtó is bátran használható.

Elrettentésül mutatom, mi történik, ha egy tekercset, ami nem alacsony jóságú és nem fojtónak készült, fojtóként próbálunk használni. (A 22. ábrán nagy jóságú tekercs mérése látható elfogadhatatlan rezonanciákkal.) Ez egy vastag huzallal tekert ferritgyűrű, amit egy 120...140 kHz frekvencián működő, nagy teljesítményű inverterből termeltem ki. Látszik, hogy az impedancia (zöld görbe, M1 marker) már 1,5 MHz-nél 1 k Ω alá esik, azután rohamosan csök-



18. ábra



19. ábra

ken, majd jön két, az előbbi fojtóhoz hasonló jellegű, de már igen hátrázott mértékű rezonancia (SWR mini és M2 markerek, 8 és 16 MHz). A nagy jósból, köráramból bekövetkező veszteségek elérik az 50, illetve 43 dB-t, és ebből bizony mind hő lesz! Ez a tekeres nem használható fojtóként olyan áramkörökben, amelyekben 1 MHz-nél magasabb frekvenciák fordulnak elő. Viszont kitűnő rezgőkör építhető belőle valahol 2...5 MHz között. Talán feljebb is, de ahhoz kevesebb menet kell.

Ezekből a VNA-s vizsgálatokból is jól látható, milyen veszélyekkel járhat, ha méretlen, ellenőrizetlen tekerceket építünk be áramköreinkbe – különösen, ha valamilyen ismeretlen ferrite vagy porvasmagra vannak tekerve.

Balunok ellenőrzése, mérése

Manapság rádióamatőr fórumokon, levelezőlistákon nagyon sok balunokkal kapcsolatos kérdés merül fel. Erről egyrészt a jól védett, csak 50 Ω terhelést szerető tranzisztoros, FET-

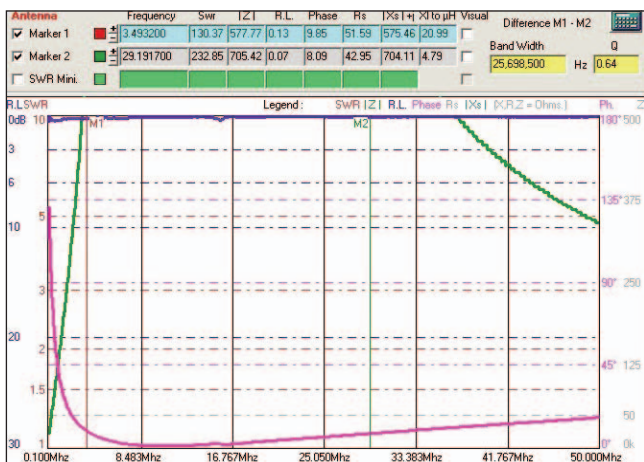
es végfokok tehetnek, meg az RKSZ által esetleg használható 5 MHz-es frekvenciák, és az ehhez rendelkezésre álló 3,5 MHz-es és 7 MHz-es antennák. Tehát igen nagy az igény mindenféle hangolók, illesztők iránt, és ebbe a balunok is beletartoznak.

A dolog könnyebb lett, mert egyre több ismert és jó minőségű ferritgyűrű érhető el, még ha nem is nagyon olcsón. Ez nagyon fontos, mert mint a 20. ábrán is látható, egy tekeres – így egy balun is – annál szélesebb frekvenciatartományban képes üzemelni, minél kisebb a szórt kapacitása. A szórt kapacitás határozza meg, hogy milyen frekvencián lesz már használhatatlanul kicsi az impedancia, az indukтивitás pedig azt, hogy melyik az a legkisebb frekvencia, ahol már elég nagy az impedancia. A szórt kapacitás nő a menetek számával, egy adott menetszámmal kell tehát minél nagyobb indukтивitást kapni. Ehhez kell a vasmag minél nagyobb permeabilitása.

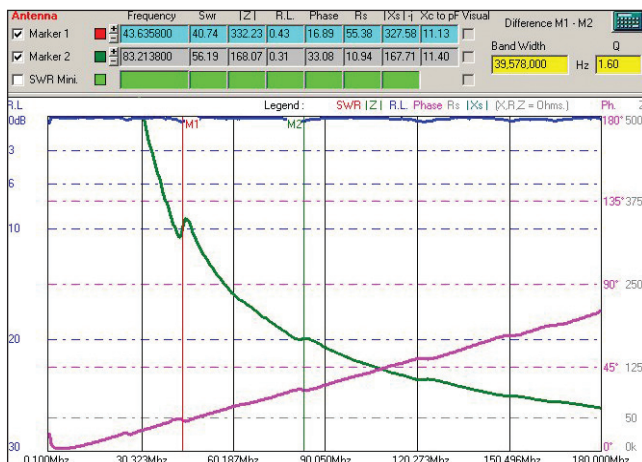
A gyakorlat azt mutatja, hogy légszoros tekeres esetén (relatív

permeabilitás: $\mu_r = 1$) körülbelül három tekerccsel lehet letakarni a rövidhullámú tartományt (plusz a 6 méteres sávot). Tehát lehet tekercest csinálni 1,8...7 MHz, 7...21MHz, 21...52 MHz tartományokra, az enél „szélesebb” légmag balunok a sáv két szélén már nem jól működnek. Ezek rendszerint áramfojtó, ún. Guanella balunok, tulajdonképpen különböző méretű és menetszámú koaxiális kábelből készült tekercesek. Ha az Amidon 2-es anyagú (vörös-szabarna) porvas gyűrűjét használjuk (relatív permeabilitás: $\mu_r = 10$), könnyen megvan a 3,5...30 MHz sáv szélesség. Ha 43-as anyagú ferritet használunk (relatív permeabilitás: $\mu_r = 850$) akkor biztonsággal megvalósítható az 1...52 MHz tartományban is kielégítően működő balun.

A balun (balanced-unbalanced) transzformátorok olyan négy pólusúak, amelyeknek egyik kivezetése sem azonos a másikéval, tehát nem tekinthetők három pólusúak (ami bemenet – föld – kimenet konfigurációt jelöl). Tehát az amatőr gyakorlatban használatos VNA-k átvitelként (transmission)



20. ábra



21. ábra