

Egy nagyon sokoldalú műszer: a VNA

Jánosy János Sebestyén hőfizikus mérnök, irányítástechnikai szakmérnök, HA5GN

Úgy 20-30 évvel ezelőtt, az elektroncsöves korszakban, ha az amatőrnek volt egy jó multimétere meg egy megbízható GDO-ja, boldogulni tudott. Ha szert tett egy jó szignál generátorra és egy nagyfrekvenciás csövtöltmérőre, akkor már „laboratóriuma” lett, amellyel a csöves készülékek már jól mérhetők, javíthatók voltak. Mára az átlagos amatőrnek az adó-vevők bütykölését gyakorlatilag fel kellett adnia, talán az alkalmi QRP készülékek kivételével. Csöves végfokot még lehet építeni, de a félvezetősek már a nagyobb tudásúaknak és jobb műszerezettségűeknek valók. Mivel a tranzisztoros/FET-es rádiók nem hangolható, fix 50 ohmos kimenettel rendelkeznek, sávonkénti aluláteresztő szűrőkkel (mivel is mérjük, hangoljuk, állítsuk? – jó, a gyárit Isten őrizz ...), felértékelődtek az antennahangolók, különféle balunok, tápvonalak, és az antennák impedanciája is igen fontos lett.

Első példa – antennák mérése

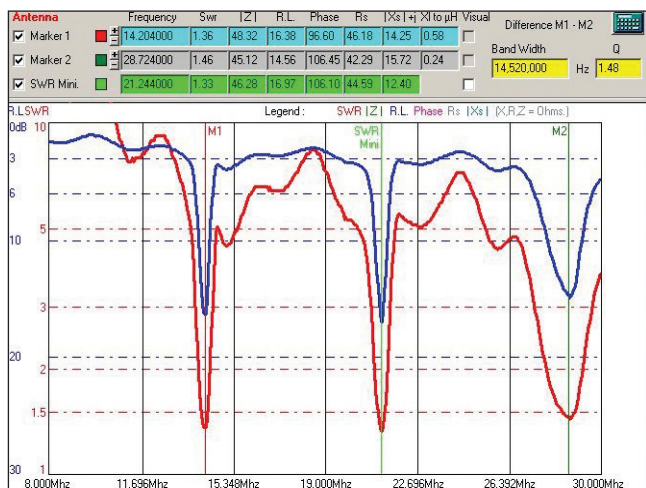
Az amatőrök el is kezdték vásárolni a különböző antennamérő hidakat, analizátorokat, amik lehet, hogy jók valami másra is, de lehet, hogy nem. Már jó régen is hallottam híreket a VNA-nak, ami a HP spektrumanalizátorokkal esett egy kategóriába: hatalmas, „pilótavizsgás”, sok tízezer dolláros készülékek, rengeteg forgatógombbal, amelyeknek nagyrészt már a feliratát sem értjük, nem amatőröknek való. A most ismertető cigarettásdoboz méretű, 250 eurós készülékkel 2007. nyarán találkoztam HA8DH Lóri sátorszomszédom asztalán, a friedrichshafeni HAM RADIO kiállítás kempingjében, ahol SteppIR ihletésű vertikális antennáját hangolgatta. Az antenna egy horgász telesz-

kóp bot belsejében motorral hajtott acél mérőszalag volt, de a sávközépre hangoláskor nem a centiket olvasta (ugye megtehetete volna), hanem a laptop képernyőjén mozgó impozáns rezonanciát figyelte. Az általa figyelt kép az **1. ábrához** volt hasonló. A készülék automatikusan kikeresi a megadott sávban (itt 8...30 MHz) a minimális SWR-t (SWR mini, zöld függőleges vonal). Az M1 és M2 markereket már én ültettem a megfelelő rezonanciákra egérrel. (A részletekről később.) Lórinak még rengeteg jó ötlete volt, pl. hogyan kell mindent GDO-ként is használni, de már minden pénzemet elköltöttem: a beszerzés a 2008-as vásárra maradt. Azóta viszont napi rendszerességgel használom a szerkezetet, életem legjobb vétele volt, nekem már nélkülözhetetlen. Egyébként nem egy adott

típust akarok reklámozni: különböző árú és tudású VNA-k sokasága létezik (majd összefoglalom), de mivel nekem csak ez az egy van, érthető talán, ha csak erről beszélek. A VNA és a mérések leírása lehet, hogy egy tapasztaltabb amatőrnek fölöslegesen részletes lesz, de azt szeretném, hogy ezeket a méréseket egy kezdő rádióamatőr is gond nélkül el tudja végezni.

Második példa – kvarcok válogatása

Kedvcsinálónak mutatok még egy mérést, itt kvarcokat válogatok vele. A felállás a **2. ábrán** látható. A BNC csatlakozóba egy banánhüvelyre konvertáló adapter van dugva, abba két meztelen banándugó, amelyekre krokodilcsipeszek vannak forrasztva. A VNA a „kétpólus”, a kétlábú



1. ábra



2. ábra

kvarc impedanciáját méri. A soros ugye nulla körül van, a párhuzamos (frekvencia kicsit felette) pedig igen nagy. Az eredmény egy olcsó, 18. MHz feliratú kvarc esetére a **3. ábrán** látható.

A VNA, – mint látni fogjuk –, 5 és 500 ohm impedancia (az ábrán $|Z|$) között mér pontosan, a grafikon is így rajzolja. Ahova a markert tesszük, a számadatot azért ott is megkapjuk. Próbálgatással az általa számolt legnagyobb impedanciára ($|Z|=3454 \Omega$) illettem rá az M2 markert (párhuzamos rezonancia). M1 marker a nulla körüli soros rezonanciát mutatja. A vizsgált frekvenciatartomány itt 150 kHz, a rezonancia nagyon széles, ami nem túl nagy jóságra utal, és további, igen csúnya parazita rezonanciák láthatók, amik nyilván a gondatlan csiszolás következményei. Valamilyik frekijén persze vélhetően rezegni fog a kvarc, és ha olyan az oszcillátorkapcsolás, hogy a sorosat használja, remélhetően a legalsón, a névlegesen, hiszen ott a legkisebb az impedancia. Az azonban a látvány alapján is egyértelmű, hogy ilyen kvarcot nem illik szűrőben használni.

A **4. ábrán** egy olyan kvarcot mérünk, amelyre 12.000000 MHz van írva. Nem is harminc forintba került. A hat nulla azért erős túlzás, mindenesetre biztató a stabilitás tekintetében. A soros freki 12,004000 MHz (a VNA régebben volt hitelesítve, és a mérési raszter sem volt finomra ál-

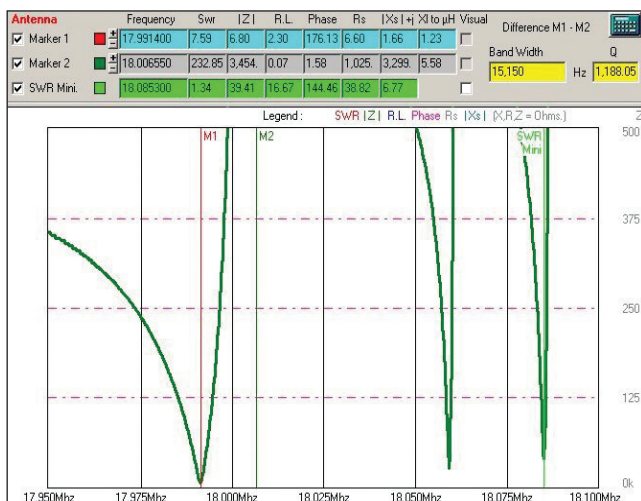
lítva), ezt egy jó trimmerkapacitással könnyen be lehet húzni frekire, ha kell. A vizsgált tartomány itt nem 150, hanem csak 100 kHz, mégis gyönyörű keskeny a rezonancia (150 kHz-es grafikonon még keskenyebbnek mutatkozna), és parazita rezgéseket se közel, se távol nem lehet találni. Az ábrák alapján gondolom világos, hogy egy fél fiók egyforma kvarcból egy létraszűrőre valót könnyen össze lehetne válogatni. És nincs az a kvarcvizsgáló, amelyik ilyen látványosan megmutatná a parazita rezonanciákat is.

VNA vagy SNA – fázissal vagy anélkül?

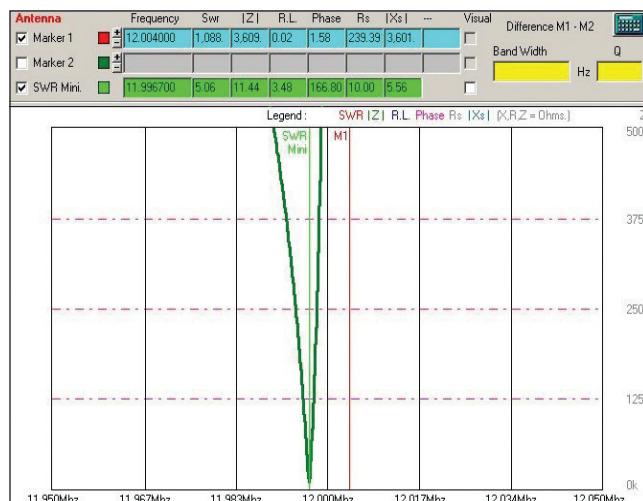
Ezek után nézzük meg, mi az a VNA, hogyan működik, és mire használható. A név – VNA – az angol Vector Network Analyzer rövidítése, magyarul vektoros hálózatanalizátort jelent. A hálózattól ne ijedjünk meg, itt ez egyszerűen *négypólus* takar. A négypólus pedig bármi, aminek négy lába van, ebből kettőt bemenetnek, kettőt kimenetnek kell kineveznünk. Lehet ez egy SSB-szűrő, egy tekercs koaxiális kábel, egy tranzisztros végfok kimenőszűrője. A mi szerkezetünk azonban pontosabban csak *hárompólus* bír: elő van írva, hogy mind a bemenet, mind a kimenet egyik „pólusa” föld kell legyen. Ezt jól kifejezi a két BNC aljzat, amelynek a külseje galva-

nikusan össze van kötve. Bónuszként viszont azt kapjuk, hogy a készülék *kétpólus* is tud mérni. A fentiek fényében a kétpólus bármi, aminek két lába van: kondenzátor, tekercs, ellenállás, kvarc – és igen: az antenna is. (Ezt a kétpólus mérést valamennyi VNA tudja.) Nagyon fontos a Vector (vektor) szó, amelynek az ellentettje itt a Scalar (skalár), ezek a SNA analizátorok. A „vektor” itt két paramétert jelent a komplex síkban: egy impedancia abszolút értékét (ezt jelöljük $|Z|$ -vel), és egy fázistolás információt (jele φ , szögfokban mérve), ez a vektor irányát mutatja meg a komplex síkban. Az elmondottakat az **5. ábra** illusztrálja.

Ha nincs fázisinformáció, akkor Z nyíl hosszát tudjuk csak, ami a vektor abszolút értéke (ez az a bizonyos $|Z|$ érték), ami az ábrán egy $|Z|$ sugarú kört jelent – ugye φ értéke ismeretlen, tehát bármekkora lehet. Így, ha kijön mondjuk a mérésből, hogy $|Z| = 50 \Omega$, akkor az lehet $R = 50 \Omega$, vagy $X_C = 50 \Omega$, esetleg $X_L = 50 \Omega$, tehát, hogy a mért impedancia lehet rezisztív, kapacitív vagy induktív, sőt, ennek bármilyen kombinációja is, fázis híján ezt nem tudhatjuk. Egy szűrő mérésakor ez nem olyan fontos, mert a fázisinformáció hiánya ott csak azt jelenti, hogy a futási időt nem kapjuk meg. De egy kondenzátor veszteségét (Z -ből mennyi az R , mennyi az X) így



3. ábra



4. ábra