

Mérések VNA-val – szűrők mérése

Jánosy János Sebestyén hőfizikus mérnök, irányítástechnikai szakmérnök, HA5GN, ha5gn@freestart.hu

Először tíz éve, 2007-ben számoltam be a VNA-ról [1]. Írtam arról 2013-ban, négy folytatásban, hogy mi mindenre sikerült már használnom [2]. Tavaly próbáltam három elérhető árút összehasonlítani [3]. Most egy sorozatban megpróbálom összeszedni a számomra legérdekesebb méréseket. Minden folytatás önállóan is olvasható. A szűrők mérésével kezdem.

Fantasztikus, hogy egy egyszerű oszcillátor, a GDO segítségével a rádióamatőrök annak idején mi mindent meg tudtak mérni és meg tudtak oldani. A profiknak ehhez drága műszerek kellettek: ők bejárt utakon jártak. Az amatőrök agyát – mondjuk így – nem szűkítik be a részletesen megtanult módszerek. Vissza a VNA-hoz: minden szerszám ugye annyit ér, amennyire a gazdája használni tudja. Ehhez a VNA egy ideális eszköz, mert rengeteg mindenre használható, olyasmikre is, amiről a kézikönyvek sem szólnak. Hihetetlen, mi mindent meg lehet csinálni vele. Legutóbb pl. ESR (Equivalent Serial Resistance) méréseket végeztem sikerrel: tápegységbe beforrasztott elkók állapotát lehet így kiforrasztás nélkül megállapítani: egytized voltos, 100 kHz-es mérőjellel. Ennek a sorozatnak az a célja, hogy bemutassa: mi mindenre használható ez az elektronikai

svájci bicska, és néhányunknak milyen ötleteink születtek ezzel kapcsolatban.

Mire jó egy VNA?

Ezt már leírtam meglehetősen részletesen, többször is [1], [2], [3]. Dióhéjban: kétpólus impedanciáját és veszteségét méri (kétlábúak: tekercs, kondi, kvarc, antenna(!)), 50 ohmra számítva az SWR-t is, a frekvencia függvényében. Négypólusra átvitelt, veszteséget, futási időt, fázistolást, ha lehet SWR-t is, ugyancsak a frekvencia függvényében (négy lábúak: koax, erősítő, mindenféle szűrő, tápvonal és balun). Itt egy kicsit hátrány, hogy igazából csak hárompólust mér, mert a bemenet és a kimenet egy-egy lába ugyanaz a föld kell legyen, de némi ügyeskedéssel azért ezen is túl lehet lépni.

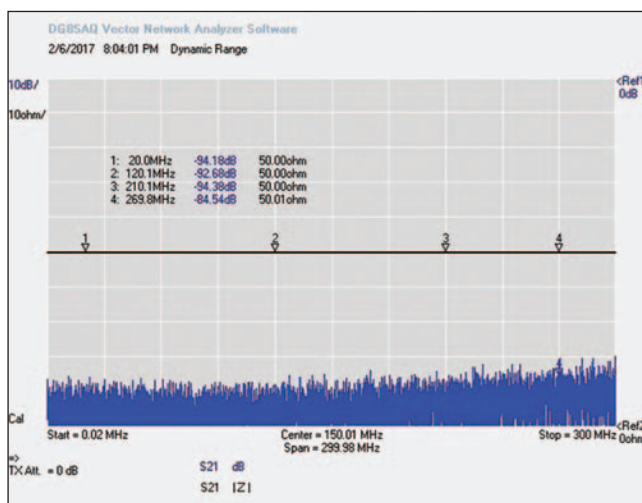
Ebben a sorozatban DG8SAQ kitűnő VNWA-ját fogom használni (1. ábra). Ez elfogadható áron

megszerezhető és az általam összehasonlított készülékek közül (miniVNA, MetroVNA és ez) a legjobban használható, persze a legdrágább is [3]. A VNA-k három legfontosabb paramétere a jelszint, a frekvencia- és a dinamikatartomány. Ezeket a paramétereket – az árakkal együtt – az 1. táblázat foglalja össze (az adatok részletesebben [3]-ban fellelhetők). A legfontosabb, a dinamikatartomány értékeit többször ellenőriztem. A jelszint akkor érdekes, ha antennát mérünk – túl kicsi vizsgálójelekbe bezavarhatnak az erős állomások.

Azt, hogy a nagy frekvenciatartomány miért jó, gondolom: nem kell magyarázni. A MetroVNA-val egy 450 kHz-es mechanikus szűrőt meg sem tudok mérni (azért nagyon sok minden mást persze igen). A dinamikatartományról azért érdemes szót ejteni! Teljesítményben az 50 dB az öt, a 90 dB pedig kilenc nagyságrendet jelent. A vizsgálójelet rá-



1. ábra



2. ábra

1. táblázat

Készülék	Vizsgáló jel szintje	Frekvencia-tartomány	Dinamika-tartomány	Ár, Euro
miniVNA	0 dBm	0,1...180 MHz	>50 dB	260 (2007)
MetroVNA	-6 dBm	1...250 MHz	>60 dB	350
VNWA	-17 dBm	1 kHz...1,3 GHz	>90 dB	640

kötjük a szűrő bemenetére, (DUT csatlakozó, Device Under Test, az 1. ábrán „TX out”), a szűrő bizonyos frekiket átenged, másokat csillapít, remélhetőleg ugye nagyon. A szűrő kimenetét visszavezetjük a műszerbe (DET, detektor, az 1. ábrán „RX in”, hiába, DG8SAQ, az Ulm-i egyetem professzora mégiscsak rádióamatőr).

Számoljunk egy kicsit! A 17 dBm vizsgálójel 90 dB-el csillapítva már -107 dBm teljesítmény, azaz egy pikowattnál 17 dB-lel kisebb. Átszámolva: 0,02 pW. Ekkora teljesítmény 50 ohmos impedancián 0,02 mikrovolt feszültséget hoz létre! Ennyi az érzékenysége az „RX in” bemenetnek! Mindez 1 kHz-től 500 MHz-ig!! (Efelett a specó csak 50 dB-nél ígér jobbat, de ott már nem mértem.) Ráadásul ezt az érzékenységet úgy tudja, hogy a dobozban mellette egy -17 dBm teljesítményű oszcillátor döngöt a vonatkozó frekin! Árnyékolni tudni kell!

Ha egy VNA kerül a kezünkbe, nagyon egyszerűen ellenőrizhetjük a dinamikatartományt. A vizsgálójelet lezárjuk egy igen jól árnyékolt 50 ohmmal – mondjuk a VNA kalibrációs kitéjből származóval. A detektor, az „RX in” csatlakozóját meg szabadon hagyjuk. Ezután a vizsgált frekvenciatartományon „átvitel” üzemmódban végigsörünk. A külső átvitel ugye nulla, tehát a vevő az oszcillátorból való belső áthallást, illetve saját belső zaját fogja mutatni. Ahány decibel (mínusz) az átvitel, annyi a dinamikatartomány, hiszen a műszer ennél kisebbet már nem tud mérni. Lássunk egy példát erre az ellenőrzésre a 2. ábrán. A tartomány úgy 210 MHz-ig jobb, mint 90 dB, és fölötté sem romlik nagyon. A kék jel egyértelműen zajt jelez, tehát

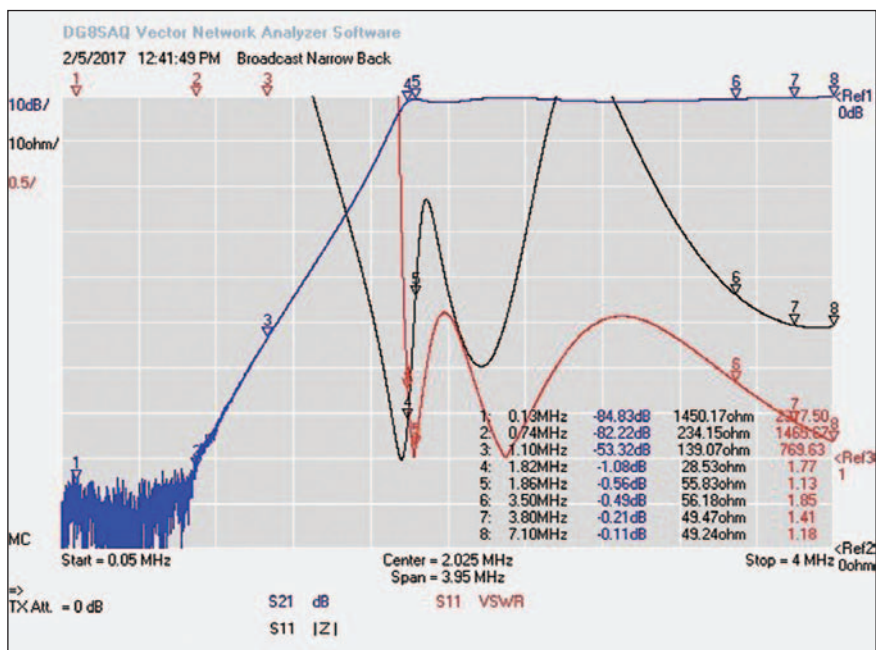
még itt sem az oszcillátora szól át (azt vékony vonalként lát-nánk), hanem ez a vevő bemenő fokozatának a zaja. Azon ne csodálkozzunk, milyen pontos az 50 ohm lezárás, hiszen azt az az ellenállást méri, amelyre kalibrálta korábban önmagát.

A 2. ábrán tanulmányozhatjuk a grafikon felépítését. Az egyes változók referenciaszintje (nem feltétlenül nulla!) a jobb oldalon van, az osztások értéke pedig a bal oldalon. Tehát az átvitel nullája legfelül van, osztásonként 10 dB, tehát a grafikon alja -100 dB. Az átviteli impedancia nullája legalul van, osztásonként 10 ohm, így az ábra közepe pont 50 ohm.

Alul a megfelelő színnel megjeleníti a kiválasztott méréseket. Pár szót érdemelnek az S paraméterek, ha már azt írja oda. Egy négy-pólus mérésekor **S11**: a bemenet kétpólusnak tekintve a bemenőimpedancia mértéke. **S21**: a bemenettől a kimenetig az átvitel mértéke. Alapból csak

ezeket mérik az olcsó VNA-k. Az igen drágák persze automatikusan tudják a jelirányt, az **S22** a kimenet felől nézve az impedancia, **S12** pedig a kimenettől a bemenetre haladó jelátvitel. Szimmetrikus szűrő vagy koax esetben persze ezek gyakorlatilag ugyanazok, de már egy erősítő mérve persze nem. A mi VNA-ink csak az első kettőt tudják, a második kettőhöz a négy-pólus újra, de már fordítva kell bekötni. Annyi baj legyen. Még szimmetrikus szűrő esetén is érdemes azonban a mérést mindkét irányból elvégezni.

Talán érdemes megemlíteni: a vevőbemenet, mint láttuk, rendkívül érzékeny, sokkal nagyobb jelet, mint a vizsgálójel, nem visel el (ugye így is 90 dB-nél jobb a dinamika tartománya). Ezért egy mért erősítő kimenetét mindig megfelelően le kell osztani, és arra is vigyázni kell, nehogy egy rezgőkör a leágazásra adott vizsgálójel hatására annál nagyobb feszültséget termeljen a bemenetre, mert ez tönkretelheti a műszert. Egyszer a miniVNA-m attól ment tönkre, hogy egy estére az antennán felejtettem, szél fúj, a statikus töltés reggelre kivégezte a vevő elejét. Tehát nem árt a gondos odafigyelés!



3. ábra