

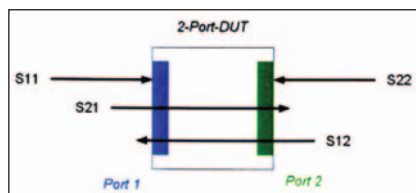
Mérések VNA-val – állomás építés

Jánosy János Sebestyén hőfizikus mérnök, irányítástechnikai szakmérnök, HA5GN, ha5gnfreestart.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 össze hasonlítani [3]. Most egy sorozatban megpróbálom összeszedni a számomra legérdekesebb méréseket. Minden folytatás önállóan is olvasható. A második cikk az **állomás építéséről** szól.

Manapság már reménytelen az amatőrnek a konyhaasztalon versenyképes adó-vevőt építeni. Jó játék a saját gyártmányú QRP készülék, de DX-erek, versenyzők igényeit nem elégítheti ki. Az antenna létesítés egyre nehezebbé válik, egyre részt az adózás veszélye, az engedélyeztetés, másrészt a szomszédok ellenkezése miatt. Nem megalapozott veszélyeket tulajdonítanak a mi sugárzásainknak. Nem lakhat mindenki családi házban, méretes telekkel körülvéve. Néha egyenesen bujkálnunk kell [5]. Akár építjük, akár vesszük antennáinkat, a fentiek miatt egy állomás felépítése és fenntartása hovatovább művészetté válik. Antennához a megfelelő szilárdságú alumíniumötvet (AlMgSi-1) hazánkban nem is kapható. (Legfeljebb AlMgSi 0,5 tnx HA7RY) A megvalósítás során egyre nagyobb szerep jut egy jó VNA-nak.

HA8DH Lóri barátomtól kölcsönkaptam egy könyvet, ami a német VNWA-ról szól [6]. Nézetése során feltűnt valami: a szerző a 164 oldalból 23-at szán a kalibrációra, további 9-et az ott-honi, saját gyártmányú etalonok-



1. ábra



2. ábra

ra, majd a mellékletben további 6 oldalon ismerteti a kereskedelemben fellelhető etalonokat. Eddig a miniVNA-hoz, a MetroVNA-hoz összesen egy etalonom volt, egy 50 ohmos BNC dugó, de azt is csak ellenőrzésre használtam, a szoftver nem igényelte. A könyv 23%-át kitevő téma figyelmet érdemel! A lényegget megpróbálom – ha nem is 38 oldalon, hanem csak röviden összefoglalni.

VNA-k kalibrációja

A [6] könyv túlnyomórészt a 70 és 13 cm-es sávban méricskél, ott a 30 cm-es bekötő mérőkábel nem elhanyagolható. Az RH sávokban, 10 m-es, vagy a sokszor 10 m-es hullámhosszak mellett ez persze sokkal kisebb probléma. De foglalkozni kell vele. Néhány elnevezést a jövő érdekében pontosítva:

– **S11**-gyel hivatkozom a kétpólus mérésre; a kétlábú alkatrészek frekvenciafüggő vizsgálata. Néha *antennának*, *reflexiónak* is hívják a szoftverek, mert az antenna is közéjük tartozik: a talppontja ugye a két pólus. Vizsgálhatom egy négy-pólus bemeneti két lábát kétpólusként is, úgy, ahogy azt az őt meghajtó áramkör látja.

– **S21**-gyel hivatkozom a négy-pólus (valójában hárompólus, mert a bemenet és a kimenet egy-egy lába közös) mérésekre. A szoftverek ezt *transzmisszió*nak, *átvitel*nek nevezik. Négy-pólus lehet egy koax, egy erősítő, egy szűrő stb.

– **DUT**-nak nevezem a VNA azon portját, amelyen a vizsgálójelet kiadja és a kétpólust méri (*Device Under Test*). A VNWA-nál ez a „TX Out” port (holott vesz is rajta, S11 esetén).

– **DET**-nek nevezem a *Detector* portot, ahová a négy-pólus kimenetét kötjük, S21 esetén. A VNWA-nál ez az „RX In” port.

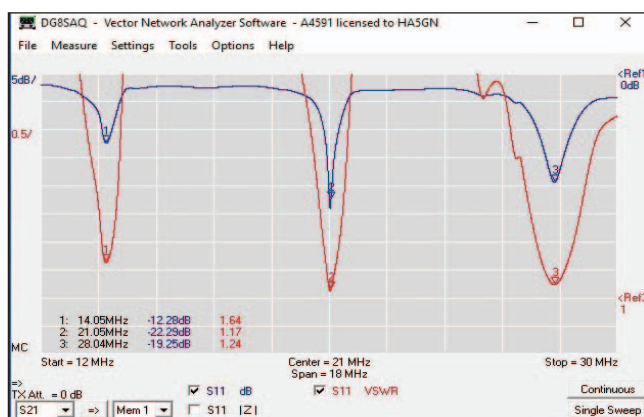
Az S paramétereket ismerőknek. A profi VNA-k tudják mind ezt vissza-irányban is: a négy-pólus kimenetét, mint kétpólust vizsgálni (S22), valamint a kimenetre jelet adva a bemeneten megjelenőt mérni (S12). A négy-fajta mérést jól illusztrálja a [6]-ból származó **1. ábra**.

Az ilyen profi VNA-k mindkét portja lehet DUT, mialatt a másik a DET. Az általam vizsgált, amatőröknek készült VNA-k ezt alaptól nem tudják, ehhez a vizsgált négy-pólust egyszerűen csak meg kell fordítani.

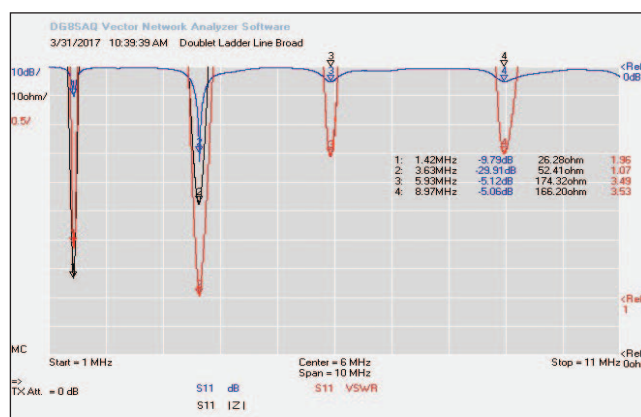
A VNA-k S11 kalibrálását egyszerűen az analóg multiméter ohmmérés funkciójához hasonlítom, kizárólag a könnyebb megértés végett, igazi analógia nincs. Ha a multimétert ohmmérésbe kapcsolom, a mutató végkitérésbe megy. Ha nem pontosan, akkor egy trimmerrel ezt állítani kell. Eközben a mérőpálcák nem érintkeznek. Ugyanezt kéri a VNA szoftver: S11 kalibrációhoz mindent ki kell venni a DUT-ból. Az egyszerű VNA-knál ez mindig a teljes frekvenciatartományra történik, a VNWA-nál ez állítható. Ha a VNWA frekvenciatartományát változtatom, újra kell kalibrálni (az ún. Master Calibration segítségével ez elkerülhető azért). Ez kicsit a multiméter



3. ábra



4. ábra



5. ábra

„más ohmmérő tartomány”-ba kapcsolásának felel meg, ott is változhat a végkitérés egy kissé.

Az egyszerűbb VNA-k S11 kalibrációja ezzel véget is ér, ahogy sokszor a multimétereké is szokott. A VNWA esetén még két menet hátra van. Most a szoftver a DUT rövidre zárását kéri. Ez ahhoz hasonlít, mint amikor a két mérőpálcát összeérintjük, hogy ellenőrizzük az ohmmérő nulláját. Ez szokott nem nulla lenni, hiszen a kontaktusoknak meg a mérőkábelnek is van ellenállása. A multiméter műszer nullájának elállításával lehet ezt kikompenzálni: ez már a skála második pontja, amit ellenőrizzünk, ahogy a VNWA esetében is. Ezután a VNWA a DUT-ra egy pontos 50 ohmot kér, ez annak felel meg, mintha egy ismert, etalon ellenállásértéket, amit a mérő a skála közepén mutatna, megmérünk. Ez már a skála harmadik ellenőrzött pontja.

A mikrohullámon használatos Smith diagram kedvelői már valószínűleg rájöttek, miről van itt szó: ez a Smith diagram három nevezetes pontja. A balszélső pont a rövidzár, a jobbszélső a végtelen impedancia, a középpont pedig (a szokásos 50 ohmra normált diagram esetén) az „1”, tehát az 50 ohm.

Az S21 mérés kalibrálása esetén a szoftver először azt kéri, hogy a két portot (DUT, DET) kössük össze lehető legrövidebben, a névleges 50 ohm hullámellenállású koaxiális kábellet. A szoftver meghatározza a futási

időt és a csillapítást: ez lesz az etalon, ezentúl mindent ehhez hasonlítunk. A VNWA itt is további igényekkel lép fel: vegyük le a koaxot, és mérjünk meg egyszer átvitelt. Tényleges átvitel nincs, a csillapítás mégsem végtelen: a két port között van belső áthallás („crosstalk”). Ennek értékét kimérve a szoftver értékes adathoz jut, amelyet szűrők szoknyáinak mérésekor tud kompenzációra felhasználni, az előző folytatásban láthattuk, milyen szép eredményekkel.

Mérési kompenzációk kalibrálással

Mindezek után felmerül az igény: használjuk a kalibrációt pl. a mérési elrendezés által okozott hibák csökkentésére! A **2. ábrán** kvarcválogatást láthatunk, miniVNA felhasználásával.

Ha a kalibráció előírászerűen folyt, akkor az a DUT-ra vonatkozott, tehát a kvarc impedanciájának mérését most befolyásolja a BNC-banánhüvely adapter és a banándugókra forrasztott krokodilcsipeszek együttes hossza, impedanciája, a két csipesz közötti meg az adapter szórt kapacitása. Ugyan 6-15 MHz körüli kvarcok esetén ez nem jelentős, de illik kiküszöbölni. A kalibrációt tehát ebben a mérésre felkészített állapotban kell megismételni, nem a DUT-ot lecserélve: a csipeszekből a kvarcot kivéve (szakadás), majd a két csipeszt egymásra csukva (rövidzár) és ha kell, akkor egy rövid 50 ohmot illeszt-

ve a csipeszek pofái közé. Az ezt követő impedancia mérésnél már csak a kvarc fog számítani.

Ugyanez vonatkozik az átvitel mérésére is. A VNWA képes egyszerre S11-et (négypólus bemenete kétpólusként) meg S21-et (átviteli csillapítást) mérni, nézzük, hogyan történik a módosított kalibráció az előző számban bemutatott Kenwood felülvágó szűrő mérésére alkalmazva (**3. ábra**).

Először a bal oldali mérővezeték kalibráljuk S11 mérésére. Itt a BNC mérőkábelekre BNC PL259 átalakítók kerültek, ezért szükség van kalibrációhoz 3 db SO239 foglalatra: egy szakadás (gyári állapot), egy 50 ohmmal lezárt és egy rövidzárral lezárt darabra (ezek láthatók a bal oldalon). Az S21 mérés kalibrációjához szükség van egy SO239 - SO239 toldóra (átviteli csillapítás kalibráció, lásd középen), illetve mind a két mérővezeték egy „szakadás” (azaz érintetlen gyári) SO239 foglalatla lezárva végrehajtható az áthallás (crosstalk) kalibráció. Ehhez kell még egy „szakadás”, ez látható a jobb oldalon. Tehát bármilyen kalibrációs kit 5 darabból kell álljon, ahogy a 3. ábrán látszik a „SO239 amphenol anyu” készlet. Ezután illeszthetjük a szűrőt a mérővezeték közé, és megtörténhet a tényleges mérés. Ilyen kalibrációs kitéket készítettem BNC apura és anyura, és természetesen PL259 apura is.

Most már érthető, miért foglalkozik a könyv [6] annyit a vásárolható és/vagy otthon kialakítható