

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 összehasonlítani [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 szigorúbb az adózás veszélye, az engedélyeztetés, másrészt a szomszédok ellenkezése miatt. Nem megalapozott veszélyeket tulajdonítanak a mi sugárzásainknak. Nem lakhat mindenki családi házában, 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 alumíniumötvegyet (AlMgSi-1) hazánkban nem is kapható. (Legfeljebb AlMgSi 0,5 tnx HA7RY) A megvalósítás során egyre nagyobb szerep jut egy jó VNA-nak.

HÁ8DH 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-



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 lényeg megpróbálom – ha nem is 38 oldalon, hanem csak röviden összefoglalni.

VNA-k kalibrációja

A [6] könyv túlnyomórészt a 70 és 13 cm-es sávban méréskél, 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.

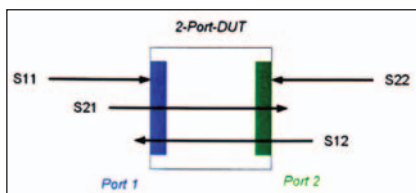
– **DUT**-nak nevezem a VNA azon portját, amelyen a vizsgálójelet kiadja és a kétpólust méri (*Device Under Test*). A VNWA-nál ez a „TX Out” port (holott vesz is rajta, S11 esetén).

– **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 alapból nem tudják, ehhez a vizsgált négy-pólust egyszerűen csak meg kell fordítani.

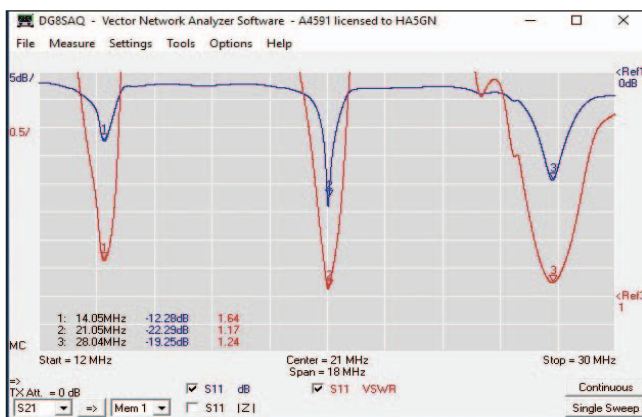
A VNA-k S11 kalibrálását egyszerűen az analóg multiméter ohmmérés funkciójához hasonlítom, kizárólag a könnyebb megértés végett, igazi analógia nincs. Ha a multimétert ohmmérésbe kapcsolom, a mutató végkitérésbe megy. Ha nem pontosan, akkor egy trimmerrel ezt állítani kell. Eközben a mérőpálcák nem érintkeznek. 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



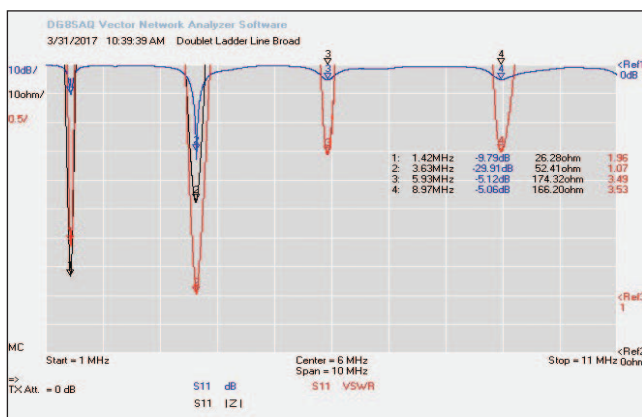
1. ábra



3. ábra



4. ábra



5. ábra

„más ohmmérő tartomány”-ba kapcsolásának felel meg, ott is változhat a végkiterés 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 kábellel. 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 mérjük 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 szokványainak 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 (négy pólus 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 mérővezetékét 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 mérővezetékét egy-egy „szakadás” (azaz érintetlen gyári) SO239 foglalattal 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

különböző (SMA, BNC, amphenol) dugó és foglalat (apu-anyu, male-female) típusú etalonok (rövidzár, 50 ohm) készítésével. (A toldót és „szakadást” készen meg lehet vásárolni.)

A TVI szűrő megismételt mérése (eredeti itt: első cikk, 4. ábra) sok meglepetéssel nem szolgált, bár az elnyomás javulása még RH-n is mérhető volt. Magasabb frekvenciákon már erősebb volt a javulás: 56 MHz-en ez csak 0,5 dB, de 77 MHz-en már 80 dB-ről 84 dB-re nőtt a szűrő mért elnyomása, ami annak köszönhető, hogy a mérőzsinórok áthallását most már nem a szűrőnek tulajdonította a műszer! Várható volt, hogy a korrekt kalibráció 100 MHz felett hozza majd meg a gyümölcsét. Egy mikrohullámú profi, HA5BFN Laci OM összehasonlította a VNWA-t egy sokmillióos Rohde-Schwarz műszerrel, és a mérésekben – megfelelő kalibráció után – maximum 1-2% eltérést talált. Ugyanakkor az is érthető, hogy a főleg RH-n használt (amúgy 180 MHz-ig működő) egyszerűbb VNA-k (mini-VNA, MetroVNA) miért nem ragaszkodnak a kalibrációs etalonokhoz. Kétségtelen viszont, hogy 50-70 MHz-es és e fölötti mérések esetén ezeket is érdemes a mérőelrendezéssel együtt kalibrálni.

Jó tanács VNWA használóknak: maga a [6] könyv is említi, hogy sokan használnak valamiféle fix átalakítót a VNWA portjaira, mert a gyakorlat mutatja: so-

kat használt SMA portok hajlamosak tönkremenni. Mivel a jó minőségű BNC 4 GHz-ig használható, mindkét portra felhelyeztem egy-egy SMA apu – BNC anyu átalakítót, hiszen mindkét másik VNA-m is BNC-t használ. Ezeket sokkal könnyebb lecserélni, mint a VNWA-ba beforasztott eredeti SMA anyukat.

Állomás kialakításának mérései

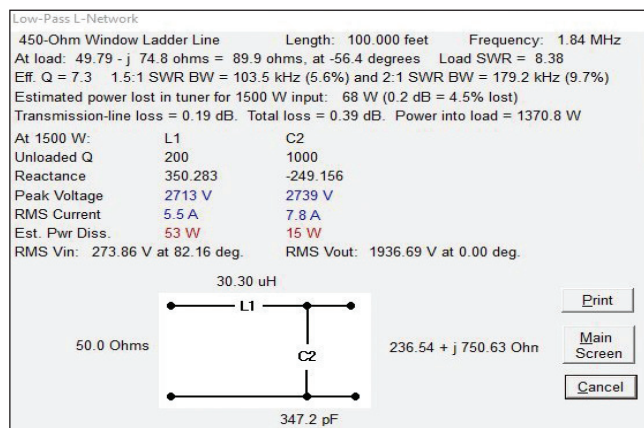
Egy állomás képességeit három dolog határozza meg: a QTH, az azon felépített antennák és az amatőr tudása. Sokunknak nem adatik meg, hogy a hobbinkhoz válasszunk megfelelő lakhelyet. Sok ismerős, nyugdíjas amatőr ugyanakkor vidékre költözik, hogy kis kertje, műhelye (és antennatelepítési lehetősége) legyen. Jutulma a relatíve zajmentes környezet is. Egy adott lakóhelyen is mutatkozhat többfajta lehetőség: lapos tetejű nagyobb, tízemeletes lakótelepi ház is megfelelő, ha a lakás elég magas van, közel a tetőhöz, és össze lehet barátkozni a közös képviselővel. Külön művészet az adott környezetre a leghatékonyabb antennát és tápvonalat kitalálni. Hasznos, ha eredményeinket mérésekkel tudjuk igazolni.

Antennák mérése

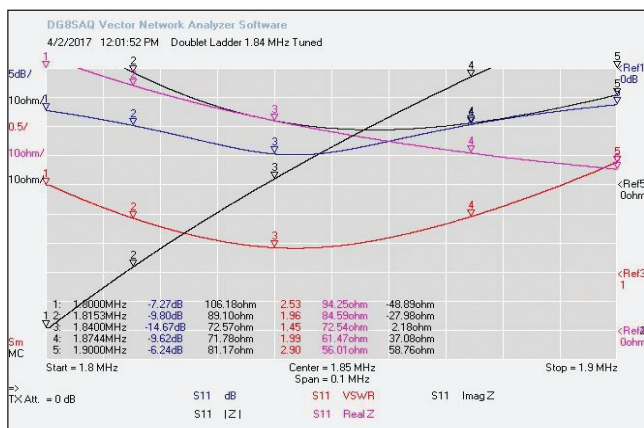
Egy gyári, méretezett, a gyakorlatban bevált antennát elég az adószobából ellenőrizni. Ha a tápvonal jó minőségű, akkor a

pozitív eredmény jelzi, hogy nincs további tennivaló. Veszteséges, és/vagy nagyon hosszú tápvonal sokkal jobbnak mutatja az antennát, mint az amilyen valójában (jóval kevesebb ér vissza a visszavert teljesítményből). A 4. ábrán egy Fritzel FBDX 506-os 5 elemes antenna 10-15-20 m-en működő 3 elemes részének mérése látható.

Nemcsak a többelemes, többsávú trapéz (zárókörös) antennákra vonatkozik, hogy a gyári méretek egy adott magasságra és adott frekvenciára igazak. Egyes gyártók megadják, hogy milyen magasságra van az antenna méretezve, ettől eltérő magasságokra az elemhosszakat a más földközelség miatt módosítani kell. Ugyancsak módosítani kell, hogy ha nem sávközépre akarjuk az antennát hangolni, mert mondjuk preferáljuk a CW-t. Jó esetben a gyártó a szükséges korrekciós képleteket is megadja, ha nem, akkor az marad, hogy gyári méretekkel felrakjuk az antennát, bemérjük, majd leszedjük és az elem méreteket a mérés alapján módosítjuk. Itt a gyári képleteket használtam, az antennát 30 m magasra és a CW sávokra átméretezve. Általában igaz, hogy az ilyen antenna állóhullámaránya a legalsó sávon a legrosszabb, mert a két-két zárókör ott hosszabbító induktivitásként működik, így a rezonancián az impedancia messzebb van az 50 ohmtól. Ugyanakkor a legfelső sávban a legnagyobb a sávszélesség, hiszen a legbelső, legrövi-



6. ábra



7. ábra

debb dipól relatíve vastagabb csőből van. Minél jobb az SWR, annál nagyobb a (hasznos, lesugárzásra fordított) elnyelés – kék görbe – hiszen ott a legkisebb a visszavert teljesítmény.

Sokkal nehezebb a helyzet nem rezonáns huzalantennák esetében. A **5. ábrán** a 2×42 m-es doubletem mérése látható, amely kb. 400 ohmos, 30 m hosszú tyúklétrával van az adószoa ablakáig lehozva.

Szimmetrikus antenna/tápvonal mérés esetén gondoskodni kell arról, hogy a VNA készülék doboza földfüggetlen legyen. Ezt vagy úgy érjük el, hogy a jól kiszigetelt dobozt Bluetooth kapcsolat segítségével érjük el (miniVNA Pro, vagy MetroVNA), vagy a tápláló hosszú USB kábelt egy megfelelő, nagyméretű ferrit gyűrűre tekercseljük fel. A mérés szerint véletlenül úgy adódott, hogy 3,5 MHz-re az antenna tökéletes, csak egy szimmetrizáló Guanella árambalun beiktatása szükséges. Az 1,8 MHz környékén azonban rezonancia nem mutatkozik, ide valami hangolás kell majd. Mérjük meg az antenna-tápvonal együttest most már részletesebben, 1,84 MHz környékén. A képet nem másolom ide, a lényeg: 1,84 MHz-en az antenna impedanciájának valós és képzetes részét keressük, ami $R_s = 236,54$ ohm és $X_s = 750,63$ ohmra adódik, tehát erősen induktív jellegű. Ezeket az értékeket kellene tehát csak valós 50 ohmra lehozni. Ehhez a TLW program is használható (Transmission Line for Windows, ARRL Antenna Book), amelyet már részletesen ismerttettem: [7]. A mért impedancia értéket megadva a következő eredményekhez jutunk (**6. ábra**).

Az ábra teteje most nem fontos, másra vonatkozik. Az ábra jobb oldalán alul látható mért (és itt megadott) impedanciát a jelzett tekercs és kondenzátor segítségével 50 ohmra alakíthatjuk. A tekercsnek 53 W-ot kell disszipálnia, a kondenzátornak 15 W-ot 1500 W teljesítmény esetén. A kondin kialakuló feszültség (ez megy a tápvonalra) 3 kV-

ra tehető. Az ígért sávzélesség az SWR 1:2 pontok között 180 kHz. Mindez nagyon szépen hangzik, hiszen hangolóra akkor szükség sem lesz, és elég egy dugaszolható LC modul készíteni, mondjuk banánhüvelyekkel.

Előkotortam a fiókból az induktivitásokat, amiből összeraktam 30 uH-t. Megfelelő kondenzátorom nem volt, de egy 2×500 pF-os Videoton forgó egyik fegyverzete a mérés teljesítményén megteszi. Beillesztés után megmértem, mi adódott (**7. ábra**).

Hát az impedancia nem lett 50 ohm, hanem 73 ohm, így az SWR a rezonancián 1:1,45 lett. Ez nem borzasztó, ennél rosszabb becslés sose legyen, de emiatt az SWR 1:2 pontok közötti sávzélesség $1,874 - 1,815 = 0,059$ MHz, azaz csak 60 kHz-re adódott. Egy TCVR automata hangolója rendszerint 1:3 állóhullám arányt is le tud hangolni, baj nélkül, ezzel a sávzélesség is már megfelelő lesz. Mivel az adó által látott hangolótág az egyik lábán se ad földet, ide is szükség lesz az 1:1 áttételű leválasztó Guanella árambalunra. A rezonancia azt jelenti, hogy az impedancia reaktív tagja nullává válik, az ábrán a 3. markernél ez majdnem teljesül: 2,2 ohm.

Ez az eljárás egy újfajta megközelítésre ad alkalmat, fixen telepített antennák esetére. Egy, az adott sávra dugaszolhatóra kiképezett LC tag segítségével antennának tyúklétrájával együtt arra a sávközépre rezonanciára hozhatjuk, és a többi akkor már rábízhatjuk készülékünk automata hangolójára, amely egyébként extrém SWR értékekkel rendszert nem bír el. A huzalantennánk így könnyen többsávosra alakítható: ezt a doubletet használtam 160 m...10 m között vagy két évig, amíg az elpusztult forgatót és a beamet pótoltam. Ez a módszer koaxkábelekre nem működik, azok vesztesége rossz SWR-re már jóval magasabb. Az adó felé mutatott kedvező SWR a tápvonalon már nem igaz, ott már az eredeti nagy érték él, ami veszteséges tápvonallal már nem elfogadható.

Tápvonalak ellenőrzése

Az antenna helyére emelése előtt tanácsos minden mérhető darabját előzetesen ellenőrizni. Ezzel felesleges munkát spórolhatunk meg. Az FTDX 506 öt elemén 10 db trap ül, egyenként két rezgőkörrel. Az illető trapet átvitelre (S21-re) vizsgálva a két rezonanciát látnunk kell (**8. ábra**).

Ez egy WARC-os trap, itt 18 és 25 MHz körül kellene rezonanciát látni. Nem pontosan ott van, majd a csöveket rádugva alakul ki a végső helyzet. Az mindenesetre biztosan látszik, hogy két markáns rezonáns frekvencia látszik, ahol az átérésztési csillapítás a maximális: ld. 1. és 3. markerek, -46 és -40 dB.

Nem árt, ha koaxiális meg egyéb tápkábeleinket is ellenőrizzük felhasználás előtt. Hihetünk a gyártóknak, de jobb a tulajdonságokról mérésekkel is meggyőződni. A VNWA rendelkezik TDR (Time Domain Reflection) számítással, amihez gyors Fourier transzformációt kell végeznie tudni. Ez persze nem a készülékben, hanem a kiszolgáló szoftverben történik. Azonban erre egyszerű VNA-k esetén nincs szükség, ha (ismeretlen vagy ismerős) koaxunk hullámimpedanciáját mérve szeretnénk látni. Már találkoztam „Military Grade Wonderful” RG58 koax felirattal, ahol a több eres belső ér egy helyen hurok-szerűen meg volt vetülve, és egészen kis teljesítményen átégett. Már a felirat is gyanút kelthetett volna. Koaxiális kábeleinket aránylag egyszerű megmérnünk, mert ezt feltekercselt állapotban is el tudjuk végezni. Megpróbáltam 450 ohmos szalagkábelt is feltekercselve kimérni, de ez nem sikerült. Tyúklétrák esetében az a szabály, hogy legalább a vezetők távolságának a duplájára ne legyen vezető fémtárgy a létra közelében, és ez feltekercselve nyilván nem igaz. Amúgy ilyen tápvonalakat hegyes szögben megtörni sem szabad. Ezeket úgy mérhetjük, hogy magas emeletről horgászbottal (vagy mással) eltartva lelógatjuk, úgy,

hogy mind a két végéhez mérés közben hozzáférjünk.

A TDR híján a méréskor negyedhullámú tápvonal tulajdonságait használjuk itt ki. A negyedhullámnak megfelelő (elektromos!) hossz az alábbi egyenlőség teljesül:

$$Z_{\text{tápvonal}} = \sqrt{Z_{\text{be}} Z_{\text{ki}}}$$

Szereljük fel kábelünk mindkét végét csatlakozóval. Az egyiket tegyük a VNA „DUT” jelű bemenetére, a másikat hagyjuk szabadon. Keressük meg azt a frekvenciát, amin kábelünk éppen lambda-negyed. Ehhez egy becslésre van szükség. Ha úgy tudjuk, hogy kábelünk kb. 30 m, akkor ha polietilén a dielektrikum (legtöbbször az), akkor elektromosan hossza csak 20 m, hiszen a rövidülési tényező polietilén esetében 0,66. Ugye tudjuk, hogy ha lambda (hullámhossz) 20 m, akkor a frekvencia kb. 15 MHz. Ez a fénysebességből jön ki (300 000 km/s). Ha nem lambda-hoz, hanem a lambda-negyedhez tartozó frekvenciát keressük, akkor az az előző negyedrésze, tehát kb. 3,75 MHz. Allítsuk ilyenkor VNA-nk mérési határait mondjuk 2 MHz és 5 MHz közé. A fenti képlet szerint, ha az egyik végén végtelen az impedancia, akkor a lambda-negyedes impedancia trafó a másik végén rövidzárt ad. Keressük meg azt a frekvenciát, ahol az impedancia minimális. Ezzel megvan az a frekvencia, amelyen a kábelünk az elektromos hullámhossz negyede, és ha most pontosan megmérjük a kábel fizikai hosszát, kiszámíthatjuk a pontos rövidülési tényezőt is. Ha a polietilén habosított, akkor ez valahol 0,66 (polietilén) és 1,0 (levegő) között lesz. Tömör teflon esetén 0,695 ez az érték. Tegyük a minimális impedancia frekvenciájára most egy markert.

Ezután zárjuk le tápvonalunk eddig nyitott végét valamiféle ellenállással, amelynek értéke nem tér durván el a becsült hullámimpedanciától. Koax esetén bármi lehet mondjuk 33 és 100

ohm között: legyen mondjuk 100 ohm. Egy újabb mérés során kapunk egy ellenállás értéket ($|Z|$) a DUT-on a marker által bejelölt frekvencián. Ezt az értéket összeszorozzuk a lezáró ellenállás értékével, és az eredményből gyököt vonva megkapjuk a koax hullámimpedanciáját. Legyen a mért érték mondjuk 25 ohm. A képlet alapján tehát ezt kapjuk:

$$Z_{\text{tápvonal}} = \sqrt{Z_{\text{be}} Z_{\text{ki}}} = \sqrt{25 \cdot 100} = 50 \text{ ohm}$$

Ellenőrzésképpen zárjuk most le a koaxunk eddig 100 ohmmal lezárt végét ezzel az 50 ohmmal. Széles frekvencia tartományban 1:1-es SWR-t és 50 ohmos impedanciát kell mérjünk. Ezzel a módszerrel felfedezhetjük, ha a koax netán 75 ohmos (TV kábel) vagy akár 93 ohmos (régóta Ethernet koaxok). Azt, hogy milyen hosszúságú koaxot tudunk így megmérni, a VNA frekvencia tartományától függ. Ha az mondjuk 1...180 MHz, akkor 1 MHz-en a lambda-negyed $300/4=75$ méter (polietilén rövidüléssel: $75 \times 0,66 = 49,5$ m), míg 180 MHz-en 0,417 m (rövidüléssel: 0,275 m). Tehát ráhagyással 40 m és 30 cm között bármilyen koax hosszát mérni tudunk.

Ha koaxunk épp 50 ohmos (már miért ne lenne az?), akkor direktben megmérhetjük a frekvenciafüggő veszteségét is, az általunk beállított frekvenciák között, dB-ben átvitel (S21) üzemmódban.

Ugyanez megismételhető szimmetrikus tápvonalak esetére is, csak ott nem lehet a mérést feltekercselni, hanem csak kiegyenesített és szabadon függő tyűklétrára elvégezni.

Antenna illesztések, balunok vizsgálata

Mondják hogy jó antenna kell, nem hangoló. Ez a relatíve nagyobb veszteségű koaxokra igaz, mert ott többet árt a magas SWR, de akkor meg attól jó az antenna, hogy valahol a talppontjában odafent van egy jó hangoló: egy

jó illesztés. (Ugyanis 50 ohmos, aszimmetrikus antenna önmagában nem létezik: illeszteni kell.) Az adóban, adó mellett lévő hangoló már nem változtatható a kábel-antenna-együttes SWR-jén, veszteségein, mindössze az adó számára biztosít jó lezárást. Ezt a csöves végfokok Pi szűrős (Collins) kimenete régen nagyjából majd mindig el tudta intézni. Az adó mellett hangolók tulajdonképpen ezt pótolják.

Antenna talpponti méréseket a legjobb BlueTooth-os VNA-kkal végezni. A talppontra fel fogatva a VNA-t, távolabbról is elvégezhetjük a valós és képzetes impedancia értékek mérését, majd akár az előbb bemutatott TLW programmal is kiszámíthatjuk: mit kell az antenna talppontjába tegyünk, hogy a fölértéző koax a végén már kellemes 50 ohmot lásson. Dipólok esetében – ha a koax nem túl hosszú és kicsi a vesztesége – elég egy szimmetrizáló balunt feltenni, hogy a köpeny ne sugározzon nagyon. Jó, ha nem ártatjuk magunkat: a dipól rezonancián kb. 62 ohm, ez legalább SWR 1:1,2 kell legyen az 50 ohmos koaxra. Aki ettől jobbat mér, annak vagy hosszú és veszteséges a koax-a (csak kevés visszaverődött jel ér vissza), vagy kis teljesítményen mérve nem nyit ki rendesen a „vissza” ág mérődiódája.

A balunok (BALANCED-UNBALANCED) mérése nehéz, mert ezek igazi négy pólusok, és csak az egyik lábuk föld (ahova a koax köpeny jut). Ezeket S21 (átvitel) módban csak úgy tudjuk mérni, ha két azonosat a szimmetrikus oldalával szembefordítunk, összekötünk, és a két koaxos vég egy-egy pontja már egyaránt föld (ahova a koax köpeny jut), tehát a szokásos módon három pólust tudhatunk mérni.

Ha csak egy darab van, ez az út nem járható. Ekkor lezárjuk a balun kimenetét az általa várt optimális lezárással (50 ohm 1:1-es, 200 ohm 4:1-es balun esetén), és a bemenetét kétpólusként mérve 50 ohmot kell kapjunk jó SWR mellett. Ez történt

most egy 1:1-es autotrafós ferritgyűrűs balun esetében, ami ugye trifilárisan van megtekerve, és az aszimmetrikus 50 ohmból szimmetrikusat csinál. A kimenetére induktív-szegény 50 ohm került, és a bemenetére a **9. ábrán** látható eredményt kaptam.

A balun azt ígérte, hogy 1 és 50 MHz között működik, 1500 W pep-el, ha az SWR jobb mint 1:2. Megfelelő lezárással ez sokkal jobb: 1,8 MHz: SWR 1:1,07 és 50 MHz: 1:1,33 (28 MHz: SWR 1:1,14). Mivel ez a jószág RH beamekhoz készült, speckóját igen jól tudja – legalább is, ami az illesztést illeti.

Nagyon fontos, hogy a jó illesztést az antenna betáplálási pontjában próbáljuk kialakítani, mert akkor a koax vesztesége és sugárzása (RFI) egyaránt kicsi lesz. És amelyik koax a hossza mentén nem sugároz, az a ház zajai iránt is érzéketlenné válik (ugyanis ez az „átvitel” is természetesen kétirányú).

Splitterek, elosztók

Nem csak az ára miatt kényelmetlen 3-5 hosszú koaxot elvinni az antennáig, van úgy, hogy a házban-kertben sincs hely sok kábelnek. Rövidhullámon relés elosztót használunk, amelyet a koaxon érkező egyenfeszültség vezérel, hogy melyik antennát kösse a koaxra. Ez nagy teljesítményen is megfelelő átvitelt biztosít, noha egyidejűleg csak egy

antenna és egy adó működhet.

A magasabb frekvenciákon a sávok relatíve messzebb vannak egymástól, ez lehetővé teszi relék helyett szűrők alkalmazását. Az általam vizsgált elosztó (triplexer) a (közös) bemenetére 3 szűrőt illeszt, egy aluláteresztőt 800 Wpep-re (1,6...60 MHz), egy sávszűrőt 800 Wpep-re (110...170 MHz), és egy felüláteresztőt 500 Wpep-re (300...950 MHz). Az átviteli veszteségek rendre: 0,15–0,2–0,25 dB, az egyes ágak közötti csillapítás jobb mint 50 dB, és az SWR jobb, mint 1:1,2. Két ilyen szűrőt szembekapcsolva, az egy szál koaxot a közös csatlakozók közé kötve, mindkét végen 3-3 szabad ágat kapunk, az adószobába három készüléket, a másik végén három antennát köthetünk rá. Nekem ilyen vágyam nem volt, de van egy 3 sávú vertikálom (50-144-435 MHz), és erre különböző adóvevőket kívántam kötni. A szimultán üzem nem volt igény.

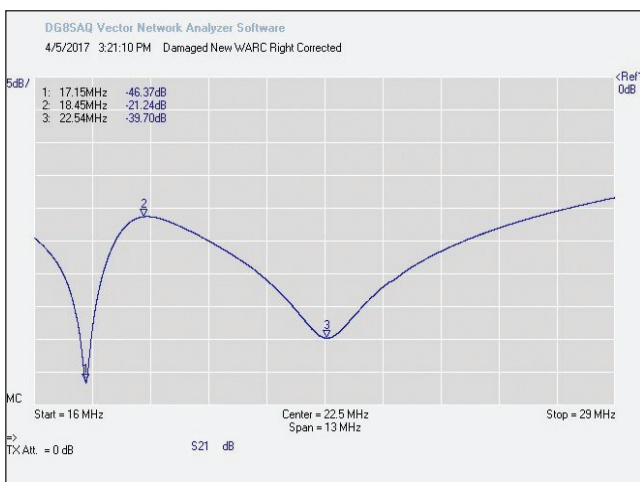
A kalibrálás után a mérés a következőképpen történt: a közös csatlakozóra kötöttem a DUT-ot, és a másik oldalon hol az egyik, hol a másik, hol a harmadik ágat kötöttem a DET-re, és a másik kettőt 50 ohmmal lezártam. A VNWA tud több mérést is memóriába menteni, így egy grafikonra három mérés eredménye is kirajzolható. Ez látható a **10. ábrán**. A kék görbe az 56 MHz, a fekete a 144 MHz,

a piros a 435 MHz kimenetek átvitelét mutatja, és a markerek pontos értékeit mutató táblázat is ezeket a színeket használja. Az eredmények a speckónál kicsit gyengébbek. Az átviteli csillapítás rendre 0,26-0,39-0,37 dB, ami nagy teljesítményeken a hőfejlődés miatt aggasztó lehet, de ezeken a sávokon csak 20-50 W lesz, így ez még viselhető. Az 50 dB elnyomás 56 MHz és 144 MHz között egyik irányban csak -38 dB, a másikra -41 dB, a 435 MHz-es izoláció rendben van: 64 illetve 58 dB. A **11. ábrán** látható SWR is egy kicsit necces, az alsó két sávon az 50 ohmos műterhelést az 1:1,2 SWR-nél picit magasabbal látjuk. Az SWR és impedancia kétpólus méréssel történik (S11), mind a három kimenetet egyformán 50 ohmmal lezárv.

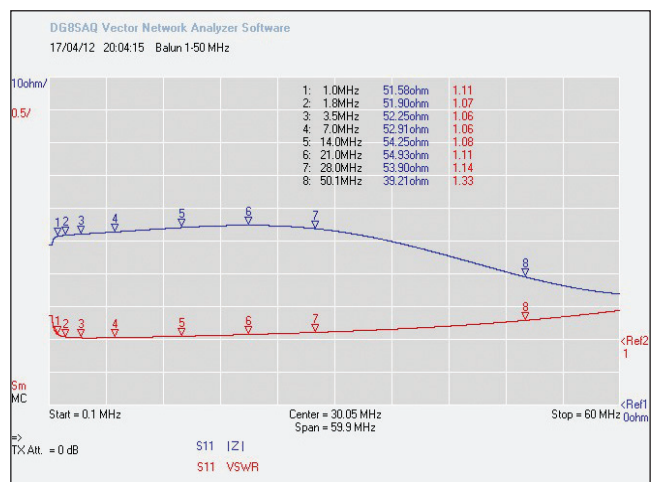
A mért eredmények – ha nem is olyan jók, mint a speckó – azért nem rosszak, és a puding próbája az evés. 50 és 144 MHz-re vannak Yagi-antennáim is: össze lehet vetni a vett jelszinteket a vertikállal. A vertikál amúgy is csak arra való nálam, hogy az ellenállomás hívőjele elejének sikeres vétele után már rájöhessen az operátor, hogy merre kell forogni.

Tanulságok

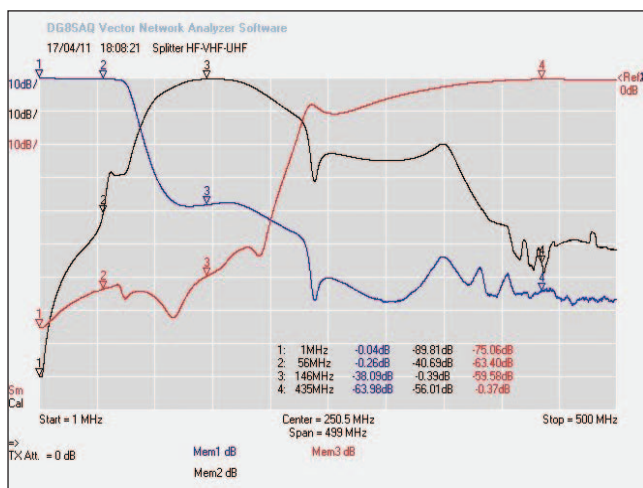
A lényeg az, hogy jól látható: egy állomás felépítése és kistafirozása során a VNA egy nagyon sokolda-



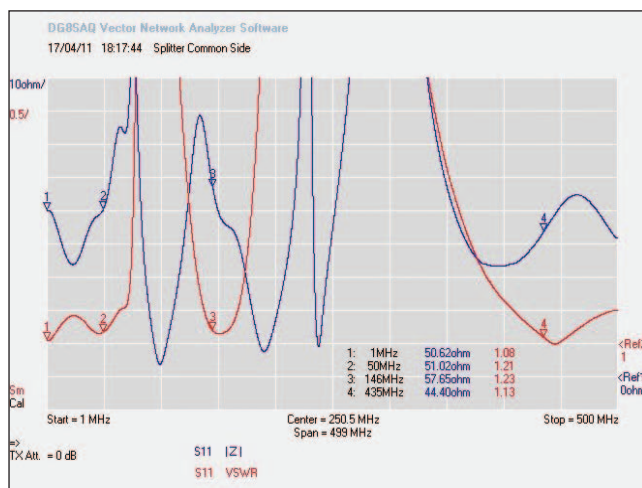
8. ábra



9. ábra



10. ábra



11. ábra

lú és jól használható eszköz. Tény, hogy eddig is meg lehetett lenni nélküle, de mennyivel többet ér, ha a fellépő „jelenségek” értékelése során nem kell ötletelni, találgatni, a „műszaki” hasra ütni, mert van eszköz korrekt mérések végzésére. Minél jobban megtanuljuk új eszközünket használni, annál hamarabb megtéríti az árát. A következő folytatásban látni fogjuk, mi minden egyébbe is használható ez a kis műszer.

Irodalom:

- [1] János János Sebestyén, HA5GN: Friedrichshafen 2007/1. RT 2007/08, 430. old. és Friedrichshafen 2007/2. RT 2007/09, 489. old.
- [2] János János Sebestyén, HA5GN: MiniVNA I. RT 2013/01 5. old. MiniVNA II. RT 2013/02 54. old. MiniVNA III. RT 2013/03 96. old. MiniVNA IV. RT 2013/04 144. old.
- [3] János János Sebestyén, HA5GN: Amatőröknek gyártott VNA-k összehasonlítása. RT ÉK 2017, 197. old.
- [5] János János Sebestyén, HA5GN: Láthatatlan rádióamatőrök: rejtett

- antennák. MRC műszaki nap, 2016. Vetített: www.ha5mrc.hu/events/mrcday16/mrc_2016_ha5gn.pdf
Előadás felvétel: www.youtube.com/watch?v=9zSUNGcmCW0&feature=youtu.be
- [6] Gerfried Palme, DH8AG: Measurements with the DG8SAQ VNA 2/3 Vector Network Analyzer. Megnézhető: www.dh8ag.de/en/index_en.html Megvehető: www.sdr-kits.net/Webshop/products.php?97&os-csid=ojerkoUkvl0a74q3k1lc3lqgu5
 - [7] János János Sebestyén, HA5GN: Nem rezonáns vagy improvizált antennák használata. RT 2016/7-8 256. old.

A Reményi István Rádióamatőr Alapítvány közleményei

Pályázati felhívás

Immáron 22. éve hirdetünk nyilvános pályázatot az Alapítvány alapító okirata IV. pontja szerint a 11-14. életév közötti, magyar anyanyelvű tanulóknak, illetve azoknak, akik az idén fejezték be a VIII. osztályt. Pályázatunk célja a fizika, az elektrotechnika, a rádióforgalmi ismeretek és a morzejelek adása-vétele képzési tárgyakban kimagasló eredményt elérő tanulók támogatása.

A pályázatnak tartalmazni kell a kérelmező nevét, címét, elengedhetetlen melléklete (másolatban) az iskolai bizonyítvány első oldala az iskola és a pályázó adataival, valamint az évről oldala a tanulmányi érdemjegyeivel. A morzejelek adása-vétele készség versenyeklevél és/vagy versenyjegyzőkönyv másolatával igazolható. Első pályázat alkalmával klubverseny jegyzőkönyv is elfogadott, a klub elnöke hitelesítésével. (Az alapítványi alapító okirat teljes szövege olvasható a *Rádiótechnika* 1996/2. és a *Hobby Elektronika* 1996/3.

számában. A névadó alapító élettörténete itt olvasható: www.radiovilag.hu/1rira.htm)

A pályázat beküldési határideje: 2017. szeptember 01. (postabélyegző kelte), a képviselő címére: Regály Gyula, 1123 Budapest, Csörsz u. 9. fsz. 7/a.

Kedves szülők, tanárok és rádióamatőrök, kérjük, segítsék a pályázókat kérelmük összeállításában! Rádióamatőrök, barátaink! Várjuk szíves támogatástokat *Wlassits Nándor* HA8QC „Rövidhullámok 1934 – 1945” c. újabb rádiótörténeti munkája kiadásához.

Bankszámlánk:

Reményi István Rádióamatőr Alapítvány
OTP Bank Rt. 11708001 – 20396990

Budapest 2017. 07. 01.

Regály Gyula, HA5HU