

Experiment med NanoVNA antennanalysator

Vår, sommar och höst kan vara en bra tid att förbättra sina antenner. Här kommer tips om nya, billiga och smarta hjälpmedel som ger bättre information om bl.a antenner och anpassning.

NanoVNA är en (mycket) liten analysator med grafisk presentation av många intressanta parametrar för antenner, transmissionsledningar och filter. Storlek ca: 5.5 x 8.6 cm (kreditkort), display 2.8" 240x320 pixel, pris ca \$50 (Kina).

Det finns även en motsvarande, större variant (NanoVNA-H4 på fotot) som är lättare att läsa för oss lite äldre. Mått ca 7.5 x 13.3 cm, display 4.3" 320x480 pixel, pris ca \$60 (Kina) alt. 1500 kr, i en box med enkla kablar och kontakter. Variant "hugen" har gott rykte.

Nyare NanoVNA har ett imponerande mätområde på 10 kHz-1500 MHz. De är portabla med laddbart batteri och kan laddas från mobilladdare eller laptop. Om du skaffar en NanoVNA har du nytta av denna artikel.

Om man har en laptop som kan tas med till nära mätstället, får man en massa fördelar oavsett modell. Så är bästa sättet att använda NanoVNA i mitt tycke.

Text: SA7CND Poul Kongstad

Antenna analyzers

Du kanske ska sätta upp en ny HF-antenn, eller en antenn som du lagat efter storm. Hur betar den sig?

En bra vektoranalysator (VNA) kan mäta och visa data grafiskt inom ett frekvensområde om t.ex:

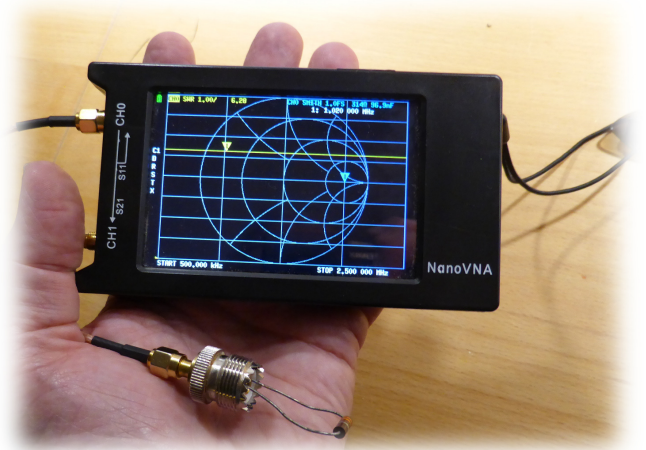
- Antennens ståendevåg-förhållande SWR
- Impedans, resistans och eller resonans för en antenn
- Smith-diagram som sammanfattar dessa
- Karakteristisk impedans och hastighetsfaktor för en transmissionsledning, alternativt dess längd
- Ett filters frekvensgång eller en baluns dämpning av common-mode strömmar.

Med en analysator kan du undersöka hur din antenn är för tillfället eller trimma in den med ledning av mätningar. Eller hitta fel i en antennenläggning som inte fungerar.

Mätning kan ske "från marken" om man kalibrerar *med* mätkabeln

NanoVNA - hands-on

En NanoVNA är ett elektroniskt mätinstrument med display, två koaxialanslutningar (SMA) och en USB-kontakt. Den ena SMA-kontakten CHO används mot transmissionsledningar och antenner. Den andra CH1 används för filtermätningar som drivs från CHO.



Det lilla instrumentet kan lätt hållas i handen vid mätning. Kontakt CHO kopplas via mätkabel till mätobjektet.

Mätkurvorna visas direkt på den lilla skärmen och uppdateras varje sekund. NanoVNA har ett menysystem som styrs ifrån touch-skärmen eller kantswitchen.

En viktig skillnad mot en del andra analysatorer är att impedans här mäts *med* tecken (kapacitiv eller induktiv reaktans). Detta är något att vara observant på. Man kan även mäta komponenters värden (R, L, C).

Även om det är en mycket bredbandig analysator upp till som mest 1500 MHz, så är det fortfarande en "liten" analysator med begränsad dynamik över 500 MHz.

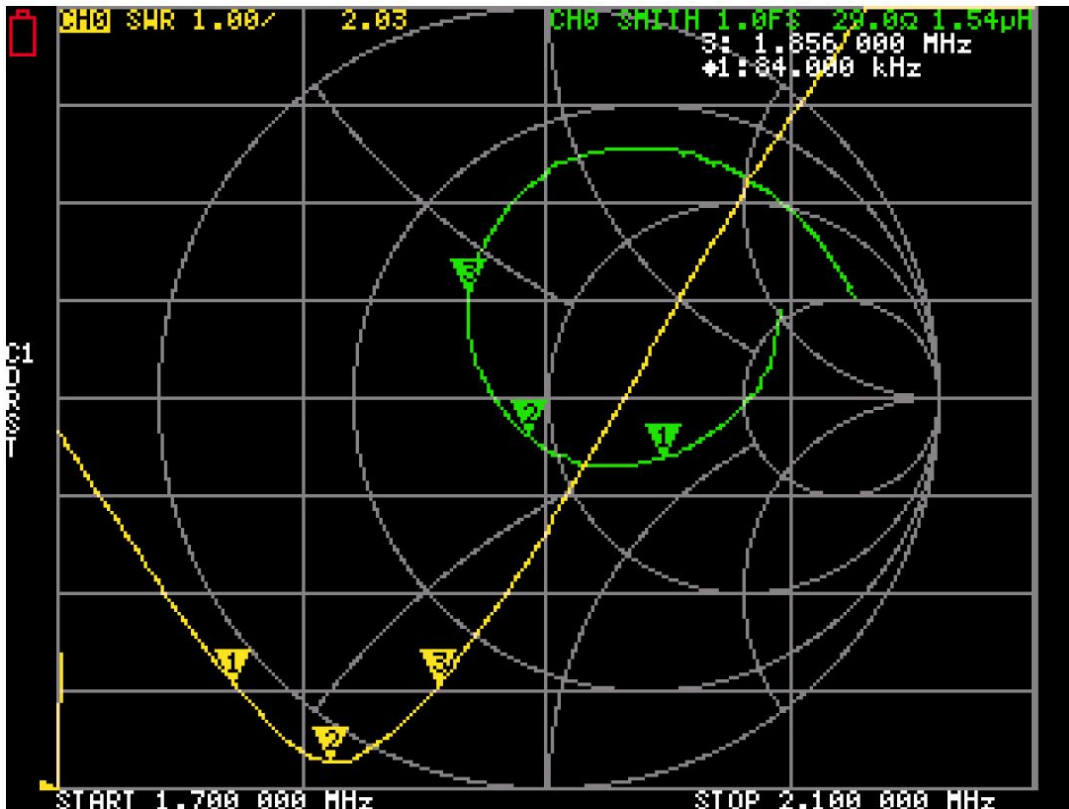


Bild 1 Exempel från NanoVNA skärm med SWR-kurva (gul) och cirkulärt Smith-diagram (grönt) för en 160m antenn (svep från 1.7 - 2.1 MHz). Markörerna 1 och 3 motsvarar SWR=2:1 på båda kurvorna. Skärmbilden är från [3] men kan hämtas med NanoVNASaver med Manage - Screenshot.

NanoVNA kan även mäta kabellängd mha en kort puls (TDR) när man vet hastighetsfaktorn för kabeln (ex: RG213: 0,66), och omvänt. Vid felsökning kan man mäta hur långt bort längs kabeln man har ett fel (där impedansen ändrar sig plötsligt). Se [3].

På skärmen visas de diagramtyper man valt *samtidigt*. Dessutom visas momentana mätvärden för senast aktiva markör (triangel i alla diagram). Aktiv markör kan flyttas med kantswitchen åt höger och vänster så att värde för annan frekvens visas.

NanoVNA kan visa upp till 4 kurvor med olika färg. I bild 1 visas 2 kurvor. Antal kurvor konfigureras i dess meny *Display - Trace - Trace 0/1/2/3* (toggle). Man kan ändra skalning (*Scale/Div*) och nollpunkt (*Ref.Pos*) för resp. diagram med meny *Display - Scale*.

På motsvarande sätt hanteras antal markörer (numrerade trianglar) och dess mätvärden (meny *Marker - Select marker - 0/1/2/3/off*). Enklast är *en* markör.

Notera att NanoVNA bara tar 101 mätpunkter i frekvensvepet, vilket "räcker" för den lilla displayen. Om man sveper över ett större frekvensområde, blir det glest mellan mätpunkterna. Om man använder PC-programvaran NanoVNASaver (se nedan) till NanoVNA löses detta elegant.

Det är mycket viktigt att **kalibrera** före mätning och tre SMA-pluggar följer med för detta: 0 Ω (Short), öppen (Open) och normal 50 Ω (Load). Kalibrering är också viktig då man byter mätkabel mellan NanoVNA och mätobjektet. Medföljande kalibreringspluggar sätts på mätkabeln närmast mätobjektet. Välj frekvensområde före kalibrering.

NanoVNA kan lagra 5 olika kalibreringar C0-C4 som sparas med meny *Save*. Aktiv kalibrering visas till vänster på skärmen (det ska vara stora bokstäver, inte små, när det är ok). Vid uppstart laddas kalibrering C0 in. Se [4]. Man kan välja en tidigare sparad kalibrering med meny *Recall*.

NanoVNA menysystem är lite speciellt. När man klickar upp en meny till höger på skärmen visas den meny man var i senast, så ibland får man klicka *Back* för att komma upp till början.

Menyerna i NanoVNA-H4 är bl.a:

- *Display* - antal kurvor som ska visas
 - *Format* - typ av diagram för senaste kurva
- *Marker* - antal markörer, sökning min/max/värde
- *Stimulus* - frekvensområde / paus av svep (CW=en frekvens, inget svep)
- *Cal* - Kalibrering: reset, kalibrera, spara
- *Recall* - Läs in en av fem sparade kalibreringar 0-4
- *Config* - kontrollera skärm, ljusstyrka. Spara inställningar.

Diagram av typ Logmag är logaritmiskt (-dB) för förlustdämpning resp. filterdämpning till skillnad från linjär. Phase-diagram visar fasförskjutning mellan utgående signal och retursignal.

Hela konceptet är öppet, publicerat och under livlig utveckling (se forum [1]). NanoVNA firmware (programvara) uppdateras ganska ofta, så vill man ha det senaste så uppgraderar man NanoVNA med DFU-filer (tryck ner kantswitch vid uppstart, svart fönster). DFU-uppgradering *för rätt modell* är ett säkert sätt som inte låser ("brick") enheten. Se anvisningar på internet.

Man kan beställa sin NanoVNA från Kina. Det blir lägre pris men 4-6 veckors leveranstid, och moms/tull/hanteringsavgift kan tillkomma. Jag fann även NanoVNA hos Fyndiq.se som verkar importera den från Kina. NanoVNA levereras oftast med 3 SMA kalibreringspluggar, 2 korta koaxialkablar, 2 SMA mellanstycken och en USB kabel för dator eller mobilladdare.

Det är rätt praktiskt att samla sig en liten sats med adaptrar mot SMA, t.ex PL-kontakt hona/hane, BNC hona/hane osv.

Har man gjort bra inställningar i sin NanoVNA sparar man dem med meny *Config - Save*.

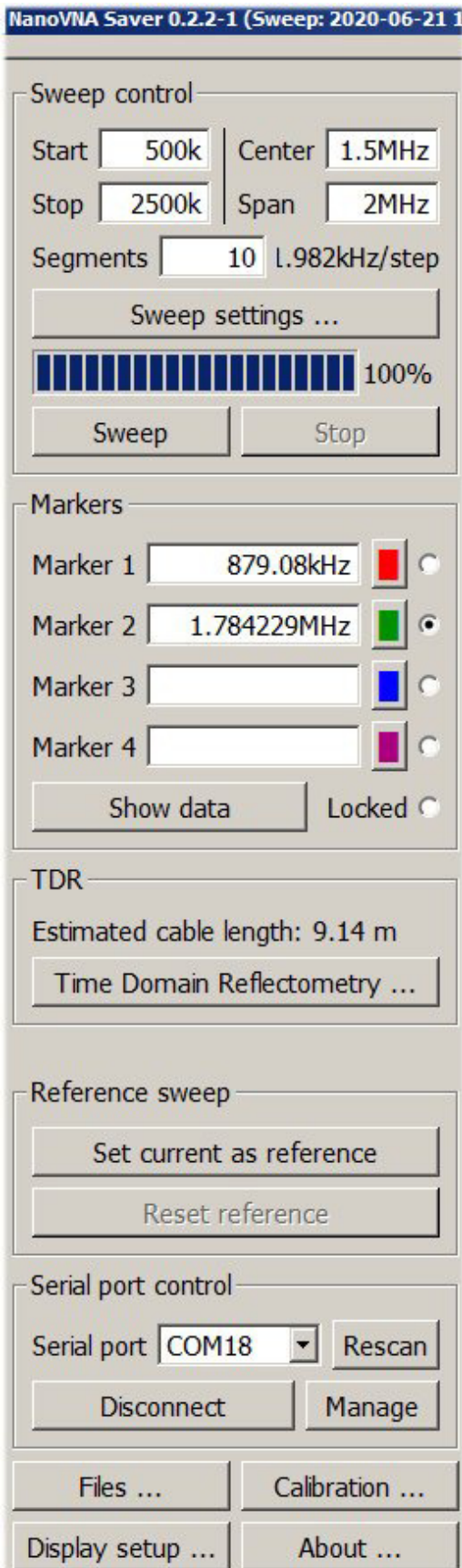
Det finns massor med information om NanoVNA på webben, t.ex [3, 4], och YouTube.

NanoVNA med PC (laptop)

Det finns ett *utomordentligt* program för att förstärka användbarheten för NanoVNA, och det är *NanoVNASaver* [2] för Windows, Linux och Mac av Rune Broberg. Nerladdningsfilen för Windows är en exe-fil som kan köras direkt utan installation, men gör först en virus-kontroll.

Programvarans främsta egenskaper är att köra NanoVNA på en större skärm, kunna spara och jämföra resultat (Touchstone filer), samt att hantera mätserier med betydligt fler mätpunkter än NanoVNAs 101 stycken. Det gäller även kalibreringar. Detta är *mycket* praktiskt.

Man kan svepa över tiotals MHz med tusentals mätpunkter och spara mätningar för senare visning och jämförelser. En finess är att NanoVNASaver även kan mäta automatiskt flera gånger i följd och visa medelvärden av mätningarna.



Mätningarna kan visas i linjära och logaritmiska diagram, cirkulära Smith-diagram och i tabellform för utpekade mätpunkter (Marker Data). Amatörradiobanden är markerade i diagrammen. Man kan med markörer åka utmed kurvorna och avläsa deras värden.

I programmets Smith-diagram kan man bl.a på ett överskådligt sätt se hur resistans och reaktans varierar över ett frekvensområde (egentligen reflexionskoefficient S11, som NanoVNA mäter). Se faktaruta och ordlista.

Koppla PCns NanoVNASaver till NanoVNA-enheten och kom igång

Anslut NanoVNA med dess USB-kabel till datorn. Normalt ska en COM-port allokeras automatiskt för denna kommunikation. Det går bra att öka den COM-portens hastighet till 115200 bd, och sätt gärna COM-portnumret fast så det inte ändras.

Bild 2 visar NanoVNASaver panel för inställningar.

När du startat NanoVNASaver, kommer COM-portnumret normalt upp i NanoVNASaver, klicka *Connect to NanoVNA*, annars Rescan eller välj COM-port manuellt först.

Gör först en **kalibrering** med aktuell mätkabel (får vara lång) mha de medföljande SMA-pluggarna i andra änden. Ibland behöver du komplettera med några små adaptrar till pluggarnas SMA-anslutning.

Bild 2. Inställningspanelen till vänster i NanoVNASaver med exempeldata. Markers är flyttbara numrerade markeringar som visas i alla diagram.

Välj ett kalibreringsområde som täcker in ditt mätbehov och gott om mätpunkter så de kommer tätt: klicka *Sweep settings* (bild 2) för kalibreringen, t.ex:

- Ställ in 3m (3 MHz) i rutan Start uppe till vänster, 15m (15 MHz) i Stop. Segments = 20 (ger $20 \cdot 101 = 2020$ st kalibreringspunkter)
- Averaged sweep, Number of measurements...= 3, Number to...=0
- Sätt ett namn på kalibreringen och klicka Set (ex: 3-15MHz-2020pts-3-0-6.5mRG58 för en kalibrering för 3-15 MHz med 2020 punkter via en 6.5m RG58 mätkabel) . Stäng rutan på krysset.

Klicka på *Calibration* i panelen och sen på *Calibration assistant*. Om du inte ska mäta på filter räcker det med 3 steg: Short, Open och Load.

Klicka på *Apply* och sedan *Save calibration* med samma namn som ovan. Denna kalibrering gäller inom frekvensområdet med din NanoVNA och mätkabel tills du väljer en annan kalibrering vid andra förutsättningar (*Calibration - Load Calibration*). Rätt kalibrering blir alltmer kritisk ju mer du går ovanför HF-banden.

Glöm inte att ladda in rätt kalibrering när du startar NanoVNASaver nästa gång eller när du ändrar det frekvensområde du kalibrerat för.

Tips på visningsinställningar i NanoVNASaver

Om du vill ha tips på startvärden för diagramvisning, se Bild 3.

Förklaringar till bild 3:

S11=reflexionsmätning (ej filter). Displayed Charts = vilka diagram som ska visas för en mätning. R+jX betyder resistans och reaktans var för sig i ett av diagrammen. |Z| = impedansvärde (positivt) i ett annat.

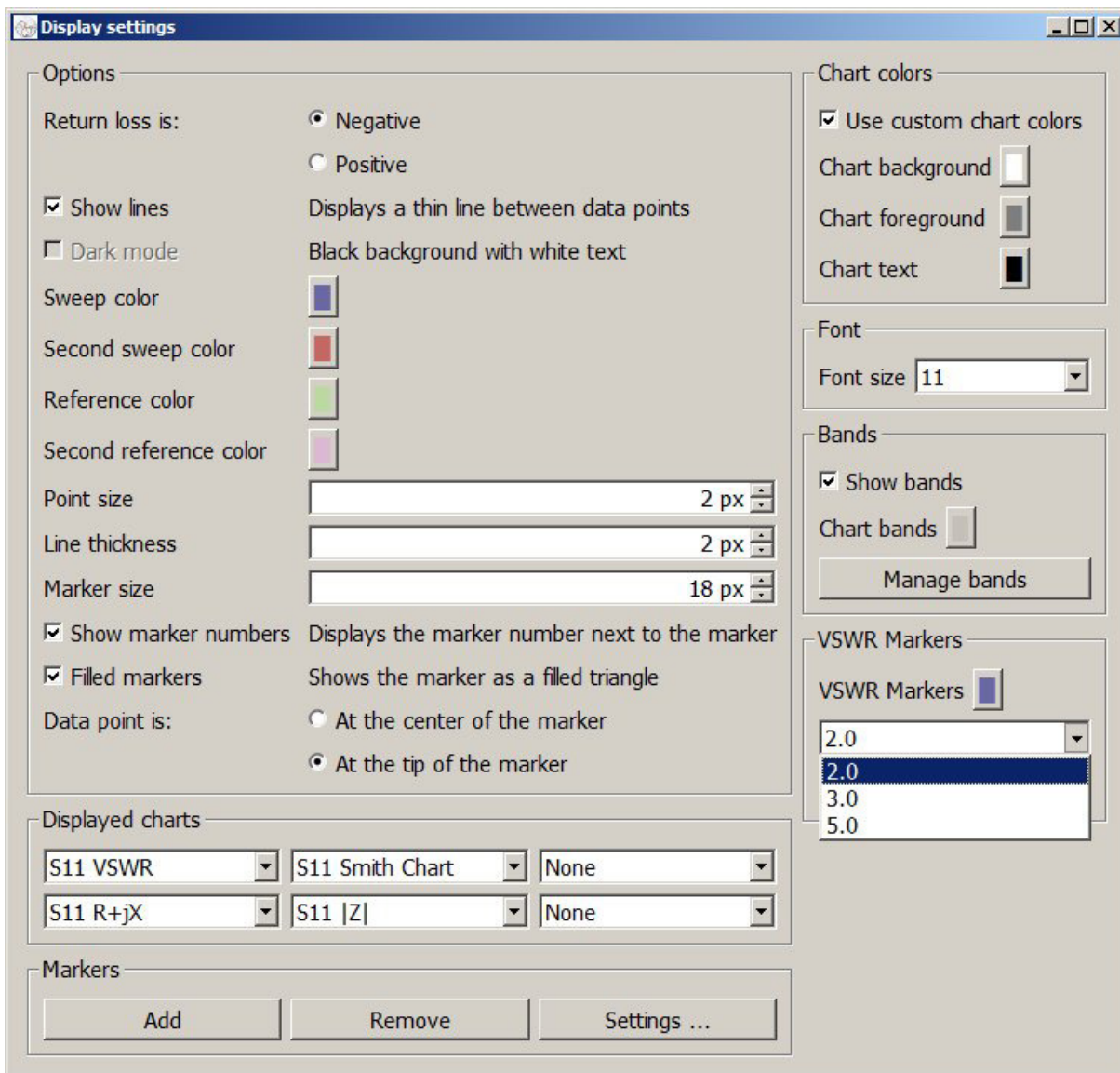


Bild 3. Exempel på visningsinställningar i NanoVNASaver.

Om man ändå inte tittar på själva NanoVNA-enheten kan man ställa ner dess ljusstyrka så den drar mindre ström (NanoVNA meny *Config - Brightness*).

Att mäta med NanoVNAServer till NanoVNA-enheten

Nu ska vi mäta!

När du anslutit mätobjektet till mätkabeln och vid behov laddat in en lämplig kalibrering som du gjort, kan du ställa in det frekvensområde du vill mäta med *Sweep setting*, t.ex 1.7m - 2.1m (1.7-2.1 MHz) och t.ex 4 segment (å 101 mätpunkter i NanoVNA). Ju fler mätpunkter, ju längre tid tar mätningen men ger snyggare kurvor. Hur stora steg det blir visas i Sweep control i bild 2.

Klicka på *Sweep* så kör mätningen och visas i NanoVNASaver.

Efter mätning klicka på *Files* och spara mätserien under vettigt namn. Då kan du senare titta på mätningen, eller ha den som *reference* (jämförelse vid annan mätning). s2p filer är för filtermätningar, normalt väljer man **.s1p** som filtyp.

Bild 4 visar hur det kan se ut efter en mätning.

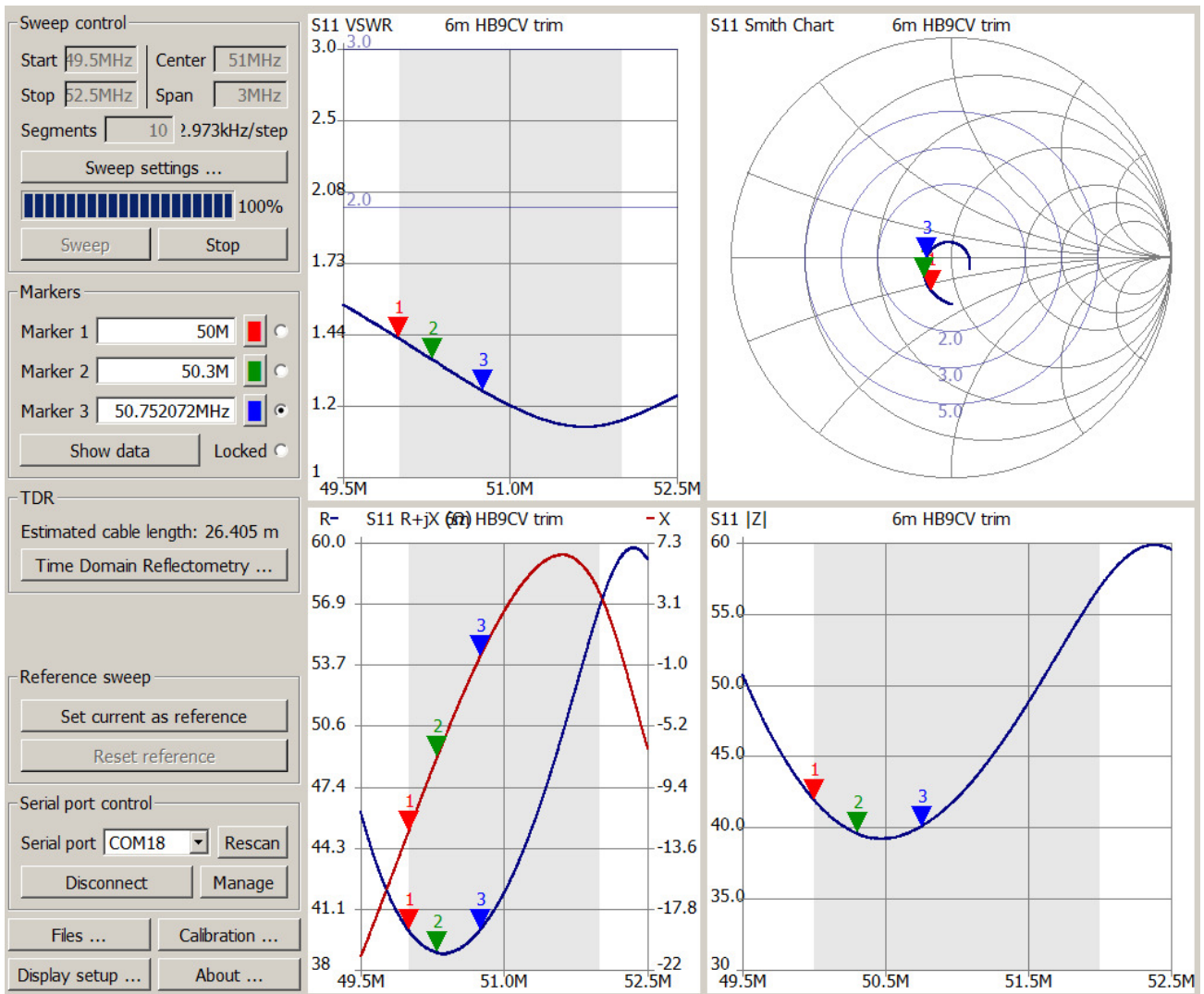


Bild 4. Exempel på mätning med NanoVNASaver på en 6m-antenn (HB9CV, före trimning). 6-metersbandet är automatiskt markerat.

Diagrammen i bild 4 och 5 överst visar SWR och ett Smith-diagram - man ser att kurvan ligger nära centrum, dvs låg SWR (se faktaruta).

Diagrammet nederst till vänster visar resistans (mörkblå) och reaktans (röd). Observera att skalornas automatiska skalomfång kan ändras för bättre skalvärden (högerklick på axel, *Fixed span - Axis - Maximum/Minimum*). Diagram nederst till höger i bild 4-5 är impedansen (absolutvärde).

En antenntimming med NanoVNASaver (PC)

Det exempel vi ska titta på är trimning av gamma-matchen på en 6m riktantenn med 2 aktiva element (HB9CV). Här vill vi se vad transceivern ser, så vi kalibrerar NanoVNA från NanoVNASaver med kort medföljande mätkabel. Vid mätning sätter vi sen en SMA-SO239 adapter som passar mot koaxen.

Före trimning var SWR lägst i övre delen av 6m-bandet, se bild 4. Målet var att få lägst SWR i låga delen av bandet, runt 50.5 MHz.

Genom att flytta gamma-matchens anslutningspunkter på antennen bit för bit och mäta SWR med NanoVNASaver från transceiveränden med NanoVNA, uppnåddes snabbt följande resultat:

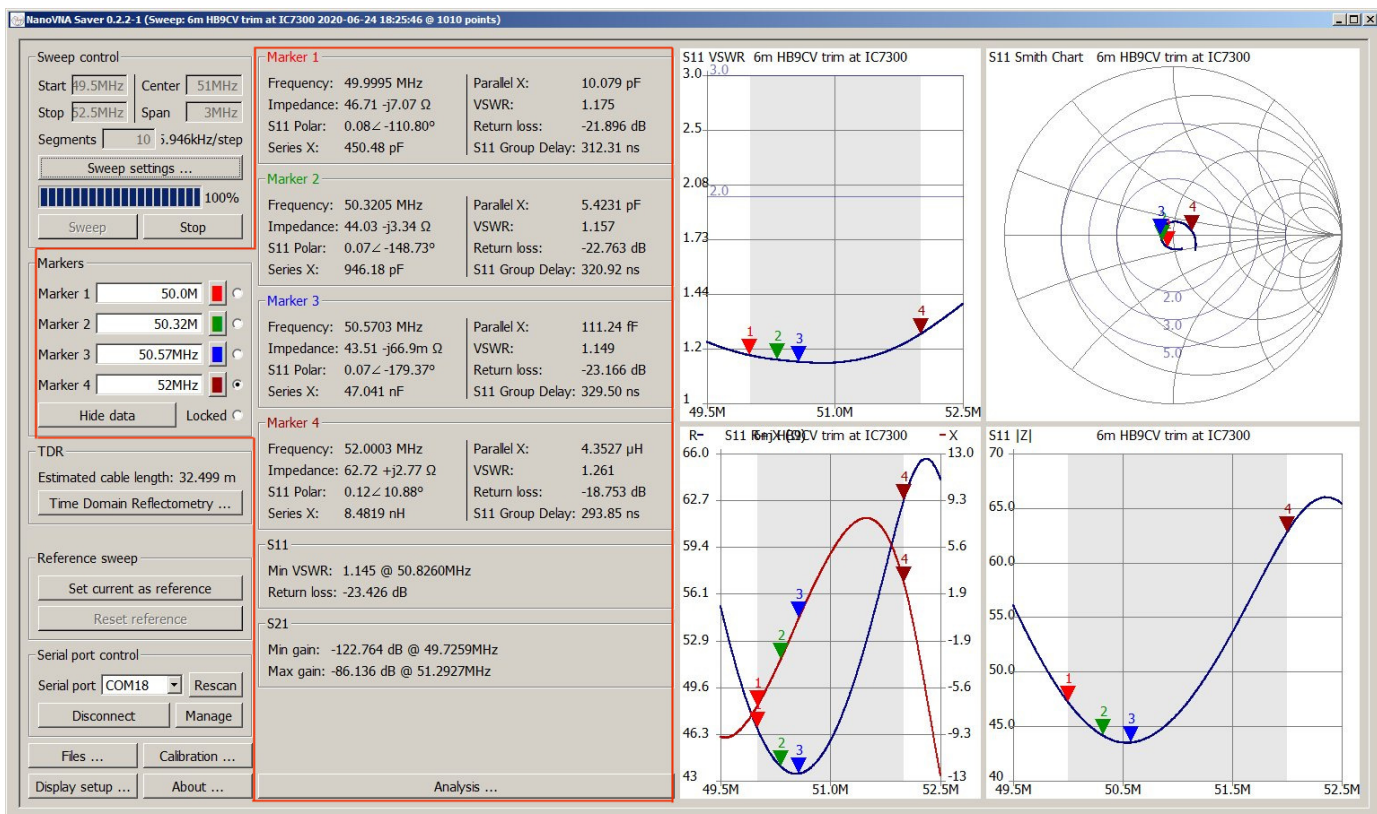


Bild 5. Mätning på en 6m-antenn (HB9CV, efter trimning). Här visas allt, dvs även mätvärden för ett antal färgade markörer i diagrammen, vars frekvenser visas till vänster (inramat).

Knappen *Show Data* i bild 2 visar respektive döljer mätvärden för markör-punkterna, som kan flyttas /dras till önskad frekvens.

Vilka *datavärden* som visas för markörerna i NanoVNASaver anges under *Display setup* - Markers *Settings*, bl.a impedans och SWR. Antalet markörer ändras med Markers Add resp Remove.

Analysis under Marker datavärden kan ur kurvorna hitta frekvensvärden, t.ex för SWR under 2 och lägsta SWR.

NanoVNA och läsplatta

Det finns dessutom en liten app för NanoVNA och NanoVNA-H som kan köras på Android läsplattor, *NanoVNA WebApp*. Med appen kan man styra mätningar med NanoVNA. Diagrammen kan dock vara något svårlästa med tunna linjer. Jag upplever även appen som något ostabil.

Denna app kan mindre än NanoVNASaver, men kan bl.a:

- Styra och hantera mätningar med fler mätpunkter än 101
- Spara mätningar
- Mäta reflexioner i kablar (TDR)
- Spara mättdiagram som png-bild.


Läsplattan behöver ha ett USB-uttag med OTG (USB On-The-Go). Man kopplar samman enheterna med en "OTG-kabel/adapter", med en micro-USB-A (host) kontakt mot läsplattan och USB-C mot NanoVNA. Därigenom kan läsplattans NanoVNA app styra NanoVNA-enheten och även ladda dess batteri.

Appen finns också för MacOS och Windows (drivrutin kan behöva uppdateras med programmet Zadig) tillsammans med Chrome browser.

Avslutning

Nu har vi bekantat oss med den behändiga antennanalysatorn NanoVNA och ett användbart PC-program till denna, NanoVNASaver, som rekommenderas. Bilderna visar hur man kan använda programmet och trimma en antenn.

- Visst ska du också experimentera med NanoVNA och laptop!

Som vanligt, lycka till och 73 de Poul SA7CND. 

Faktaruta

Minneshjälp för Smith-diagram för ett frekvenssvep [5]:

- 50Ω i centrum normalt (SWR=1), 0Ω till vänster, oändlig impedans till höger
- Induktivt uppåt och kapacitivt neråt
- Lägst SWR (VSWR) för viss frekvens = minsta avstånd till kurvan från centrum (50Ω resistivt). Cirklar runt centrum motsvarar samma SWR-värde (visas i bild 4-5)
- Extra seriekapacitans: rör dig moturs längs kurvan för att nå bättre anpassning
- Extra serieinduktans: rör dig medurs längs kurvan. (Parallellkopplingar: motsatt håll)

Referenser

1. NanoVNA forum och filer (registrering krävs):
 - <https://groups.io/g/nanovna-users/>
 - <https://groups.io/g/nanovna-users/files>
2. NanoVNASaver programvara för bättre användning av NanoVNA:
https://nanovna.com/?page_id=90
3. Intro till NanoVNA (AA3S):
[https://www.pvrc.org/Powerpoint/NanoVNA IntroductionCombined-2.pdf](https://www.pvrc.org/Powerpoint/NanoVNA%20IntroductionCombined-2.pdf)
4. Om du undrar mer om NanoVNA-enheten, sök på:
 - NanoVNA-User-Guide-English-reformat-Jan-15-20.pdf
 - English_NanoVNA_V1.4.2._final_optimize.pdf
5. A Brief Tutorial on Smith Charts:
<http://k6jca.blogspot.com/2015/03/a-brief-tutorial-on-smith-charts.html>

Ordlista

- VNA = Vector Network Analyzer
- TDR = Time Domain Reflectometry, hittar förändringar (t.ex avbrott) i transmissionsledning genom att visa reflekterat pulssvar

- Reflexionskoefficient S_{11} = spänningsförhållande reflekterad våg / framåtgående våg (med hänsyn till fas). Tänk att reflexion uppstår när impedans ändrar sig, t.ex mellan koax och antenn.
- Touchstone = standardiserat filformat för mätutrustningar, t.ex så att mätningar kan analyseras i annan utrustning
- Absolutvärde = Mätvärdestal *utan* ev minustecken.