

Undersökningar om grannkanalundertryckning vid telegrafisändningar

- Av Karl-Arne Markström, SM0AOM -

”Alla talar om vädret, men ingen gör något åt det...”

Det är allmänt bekant att den totala bandbredden hos en telegrafisändning främst bestäms av sidband vilka genereras som följd av för snabba stig- och falltider hos nycklingsvågformen, och som inte bidrar till själva telegrafiinformationen.

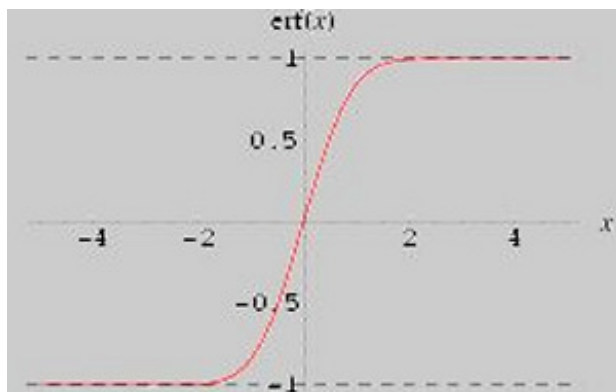
Amatörmateriel tycks vara ”värst” i detta avseende

Ser man grundläggande på frågan om bandbredd hos telegrafisändningar så är den ”erforderliga bandbredden” (”necessary bandwidth” i ITU-vokabulären) lika med telegraferingshastigheten i Baud * en konstant som sätts till 3 (”mjuk nyckling”) för stabila förhållanden med starka signaler och till 5 (”hård nyckling”) för förhållanden med fading och störningar.

Konstanten blir relaterad till den stig- och falltid som är optimal. För ”mjuk nyckling” brukar stig- och falltider på c:a 20% av de kortaste teckendelarna användas, och för ”hård nyckling” c:a 10 %.

Med en telegraferingshastighet av 40 Baud = 250-takt skulle en bandbredd av $3 * 40 = 120$ Hz vid stabila förhållanden och $5 * 40 = 200$ Hz vid fadingbehäftade förbindelser krävas.

Teorin för optimal teckenformning säger att nycklingsvågformen ska vara ”gaussisk”, dvs den ska följa funktionen $A = \text{erf}(t)$ där $\text{erf}(t)$ är Gauss felfunktion.



Denna funktion kännetecknas av mjuk början och slut samt däremellan en rak stigning. Nyckling med denna funktion ger bara huvudsidband som innehåller telegrafiinformationen, medan högre ordningens sidband (= ”nyckelknäppar”) avtar mycket snabbt när man går ut från mittfrekvensen.

Det skulle under dessa ideala förhållanden gå att lyssna mycket (c:a 2 - 3 mottagarfilterbandbredder) nära en stark telegrafstation med en tillräckligt bra mottagare.

Hur är det då i praktiken?

Ett ”fältförsök” med två typer av representativ materiel för ”amatörradio” samt ”proffs” gjordes, där en -30 dBm (= S9+40 dB) telegrafisignal matades in i en mottagare (Telefunken Telegon 8, pejlvarianten av E1800) vilken har överlägsna storsignalprestanda samt en bandbredd av 100 Hz.

Mottagaren använder mekaniska filter med konstant löptid, och har en ”shape factor” av c:a 4:1 vid -6 och -80 dB punkterna. Detta är något sämre än vad som kan erhållas med DSP-filter, men en ganska bra kompromiss för hörselmottagning av telegrafi.

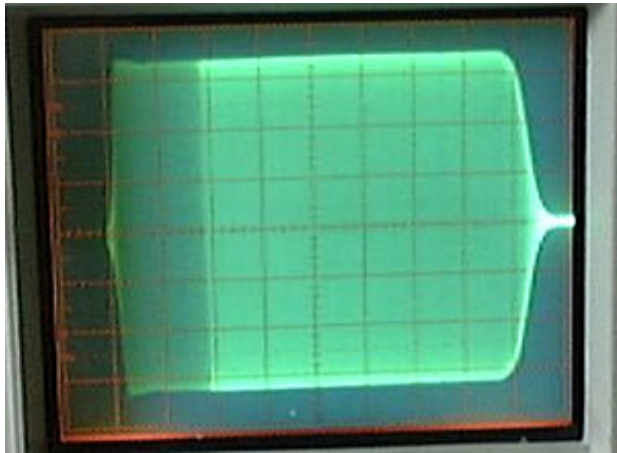
I detta försök modulerades sändarna med en konstant följd av ”prickar” från en elbug ställd i 150-takt. Teckendelarna blir då c:a 40 ms långa, och de optimala stig- och falltiderna skulle då vara mellan 4 och 8 ms för att ge bara den bandbredd som är erforderlig enligt den teori som ligger till grund för angivelserna i ITU:s Radioreglemente och i ITU-R Rekommendation SM.328. Som testfrekvens valdes 80 m CW-delen (3772,2 kHz).

Det ena ”testobjektet” är min beresta trotjänare ICOM IC-735 som i ”ur och skur” fått leverera telegrafisignaler till min belåtenhet i bl.a. ett tvåsiffrigt antal SKD.

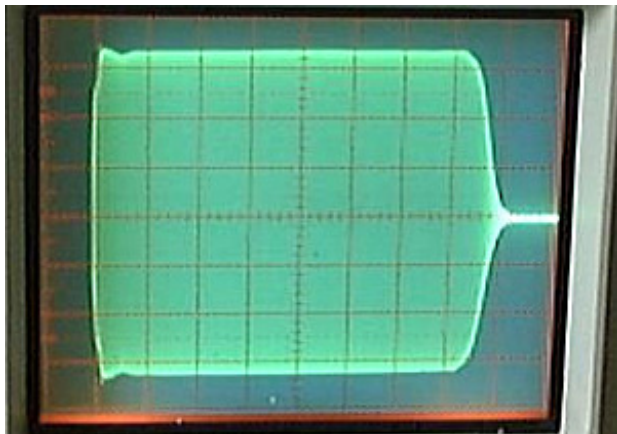


Apparaten kopplades via en riktkopplare till en konstlast, och från riktkopplarens testuttag togs en signal som via en variabel dämpare ställdes in till -30 dBm in på mottagaringången. Det kontrollerades att mottagarens signalstyrkeindikator också visade -30 dBm mitt på signalen. Räknar man på saken så finner man att -30 dBm är c:a 100 dB över mottagarens bruströskel, och för att inte filterflankerna helt ska förrycka resultatet måste man ha ett frekvensavstånd som gör att de spektralkomponenter som faller på filterflankerna inte påverkar AGC-systemet för mycket.

Här valdes 500 Hz från mittfrekvensen. AGC-systemet i Telegon 8 sattes till toppvärdeskännande, så signalstyrkeindikatorn visar toppvärden av sidbandsenergin. Detta motsvarar ganska bra praktisk användning vid telegrafitrafik. I tidsdomänen ser utsignalen från IC-735 ut på detta sätt...



...när man använder "semi-break-in" och på detta sätt...



...när full QSK används. Man ser att vågformen är osymmetrisk, stigtiden är c:a 1 ms och falltiden c:a 4 ms. Dessutom finns det en översväng på framkanten som blir värre vid QSK.

Resultatet av detta är att signalen i 100 Hz bandbredd på 500 Hz avstånd ligger på c:a -70 dBm toppvärde, alltså bara -40 dB ner från mittfrekvensen.



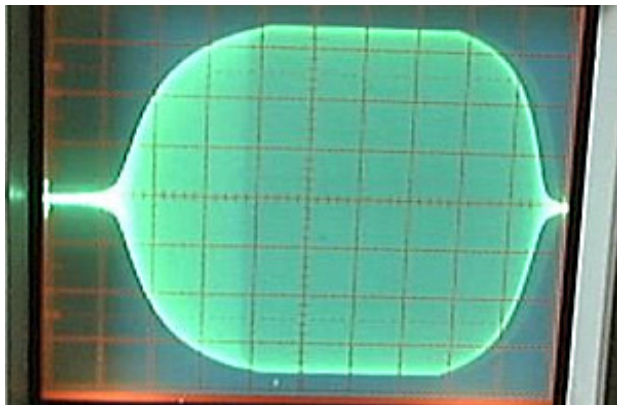
Även den bästa mottagare är alltså oanvändbar 500 Hz från en medtrafikanter på CW-delen vilken har en "vanlig transceiver" som presterar en S9+40 dB signal, t.ex. en granne eller en deltagare i en "multi/multi"-station.

Det andra ”testobjektet” är en Standard Radio TD90 styrsändare



Apparaten kopplades via en variabel dämpare som ställdes in till -30 dBm in på mottagaringången.

I tidsdomänen ser utsignalen från TD90 ut på detta sätt...



...när man använder ”semi-break-in”. Man ser även här att nycklingsvågformen är något osymmetrisk, stigtiden är c:a 8 ms och falltiden c:a 6 ms. Översvingar och diskontinuiteter saknas dock helt.

Resultatet av detta är att signalen i en 100 Hz bandbredd på 500 Hz avstånd ligger på -90 till -95 dBm toppvärde, alltså mer än 60 dB ner från mittfrekvensen.



Genom att medeleffekten är så pass låg i sidbanden är det nog möjligt att med rätt AGC- och MGC inställning kunna hitta en nivå där mottagning av svaga telegrafisignaler i samexistens med grannar som levererar S9+40 dB signaler skulle kunna vara möjlig, om man bara kunde välja sina grannars sändarmateriel.

Det här är på intet sätt någon ny frågeställning, bl.a. SM5BSZ har studerat frågan ingående (se t.ex. http://www.nitehawk.com/sm5bsz/dynrange/annaboda/ic735_cw.htm), och en utdragen debatt i ”två halvlekar” har rasat på eHam.net (www.eham.net/articles/16649 resp. www.eham.net/articles/17215). Olyckligtvis försöker en del debattörer med diskutabel kompetens införa det tvivelaktiga begrepp som ”nyckelknäppsbandbredd” (”key click bandwidth”) vilket verkligen är ett steg bakåt i specifikationsperspektiv. Dessa debattörer påstår i sammanhanget att bandbredden hos en telegrafisändare skulle vara oberoende av

telegraferingshastigheten, vilket står helt i strid mot etablerad modulations- och informationsteori.

Nyckelknäppar är något som inte ska förekomma från en riktigt konstruerad telegrafisändare.

Slutligen nödgas man konstatera på nytt att mottagarna har nått en sådan nivå att det inte längre lönar sig nämnvärt att förbättra dem, utan det är primärt på sändarsidan som förbättringarna behöver sättas in. Intet ont anande radioköpare förleds genom reklamen att betala stora pengar för mottagarprestanda som inte tillför något i praktiken.