

Mätmetoder och mätnoggrannhet vid HF-mätningar

Presenterat vid Radioträff Syd 27 augusti 2005

av:

Karl-Arne Markström SM0AOM

Senior Consultant, Maritime Networks

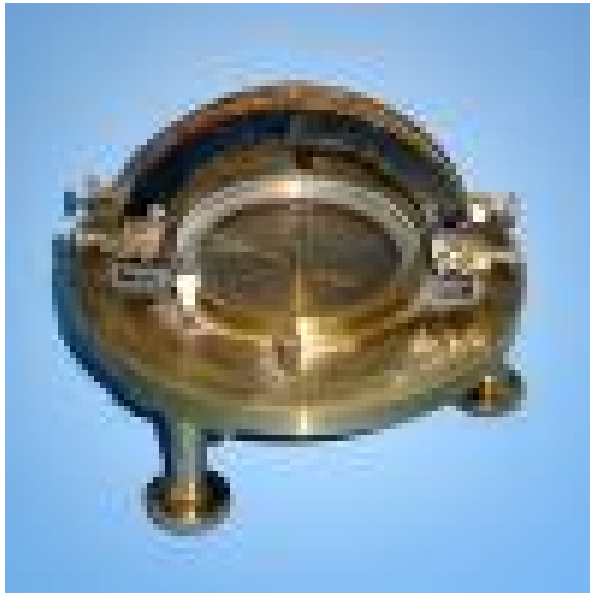
Telemar Scandinavia AB Nacka Strand

www.telemar.se

Agenda

- u Olika slag av HF-mätningar
- u Mätmetoder och instrument
- u Påverkan av frekvens och kurvform
- u Det mytiska "RMS-värdet"
- u Att mäta bred- eller smalbandigt?
- u Mätningar på mottagare
- u Sammanfattning

"Messen ist Wissen..."



Telemar Scandinavia AB, 2005



HF-mätningar

- u Ström, spänning, effekt
- u Reflektionsfaktor eller SWR
- u Mottagarkänslighet
- u Brusfaktor

Ström, spänning och effekt

- u När man vet det ena så går det att räkna ut det andra
- u Upp till några hundra MHz så duger det med diodlikriktare
- u För att mäta noga, omvandla först till värme

Ström, spänning och effekt forts...



- u Ett precisions-instrument eller vad ?
- u Inneboende problem att mäta genomgående effekt noga
- u Dämpare överlägsna riktkopplare för noggrannhet

Vad innehåller en "Thru-line" effektmeter?

- u Riktkopplare
- u Detektor/likriktare
- u Indikator av något slag
- u Alla dessa innehåller avvikelser från det ideala, så summan av felen kan bli ganska stor; +/- 10 % av visningen är rimligt. Dock är 20 % = 1 dB...

Teorin bakom riktkopplaren

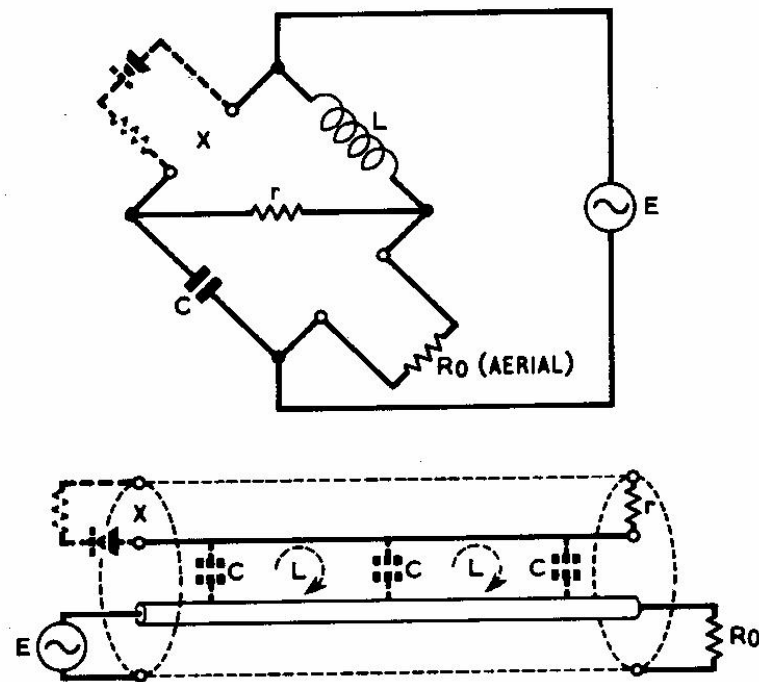
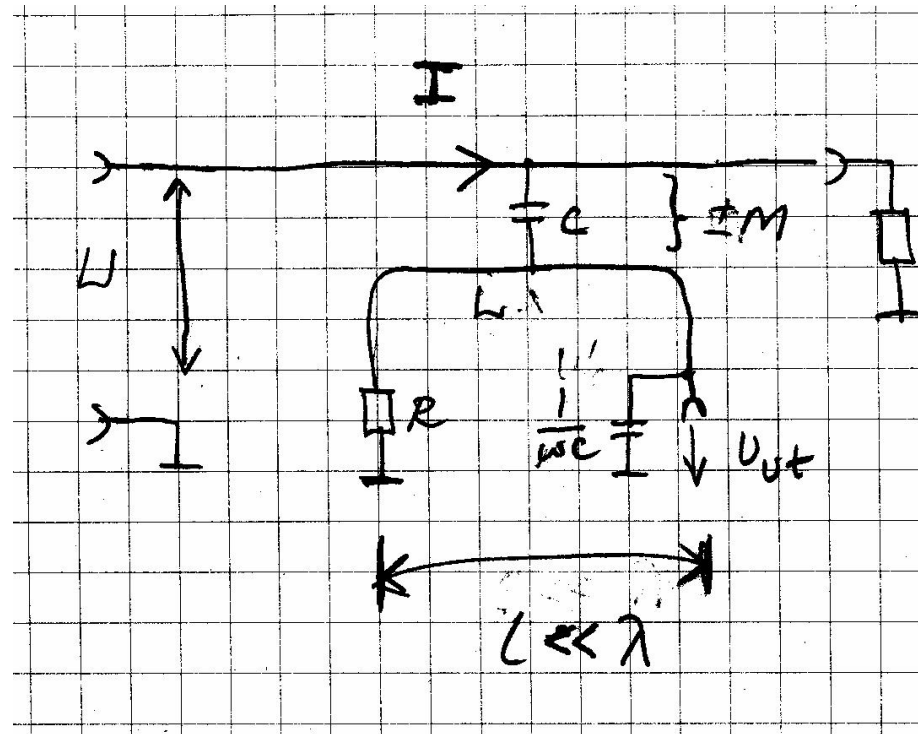


Fig.10.2. Maxwell Bridge representation of transmission line coupler.

Forts...



$$P = UI = I^2Z = U^2/Z, r = LC, 1/\omega C \gg r$$

$$U_{ut} = U_C + U_L = -U j\omega C/r \pm I j\omega Mr =$$

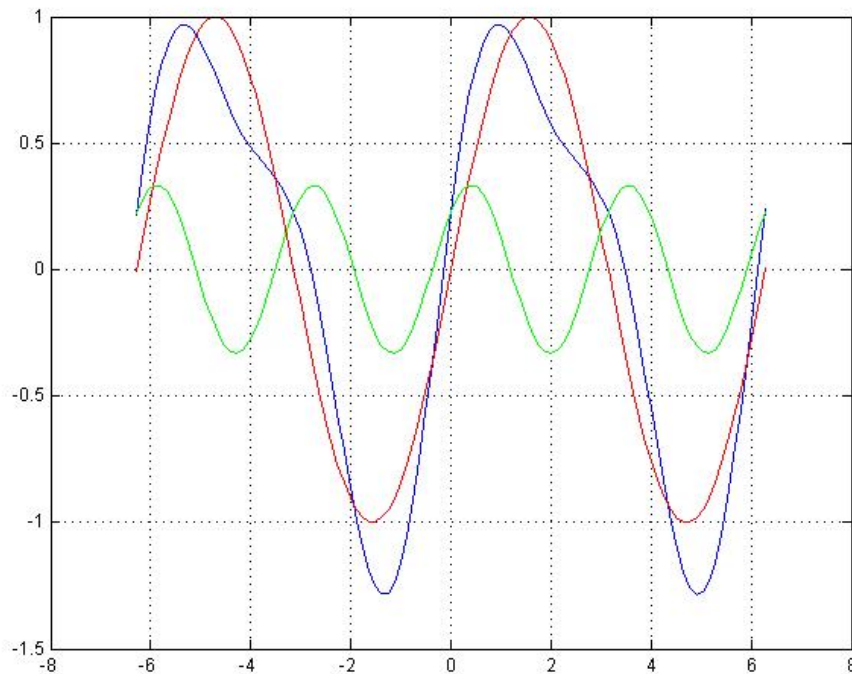
$$= j\omega (-UC/r \pm [U/Z]Mr) = j\omega U(-C/r \pm Mr/Z)$$

Visningen påverkas av ω samt C och M

Påverkan av frekvens och kurvform

- u Detektorers egenskaper ändras med frekvensen, vanligen så minskar utspänningen med ökande frekvens
- u Toppvärdesvisande instrument visar helt fel när det finns starka övertoner

Felvisning genom övertoner



- u Grundton (röd) 0 dB
- u 2:a överton (gul) – 10 dB
- u Utvecklad effekt i en last
 $1 + 0,1 = 1,1$
- u Ett toppvärdesmätande instrument visar en effekt av antingen 0,9 eller 1,6 beroende om det är + eller - toppen

Det "mytiska RMS-värdet"

- u Mycket få instrument mäter sant effektivvärde eller "Root Mean Square", 'RMS' = $(E_1^2 + \dots + E_n^2)/n$
- u Vanligen är det medel- eller toppvärde som mäts och en skalfaktor används; 1,11 för medelvärde, 1/ 2 för toppvärde
- u Detta stämmer ENDAST för rent sinusformade signaler

Det "mytiska RMS-värdet" forts...

- u "RMS-effekt" är egentligen en motsägelse och saknar fysikalisk koppling (det skulle innebära ett medelvärde av *effektvågformen*)
- u Vanligen menar man *medeleffekt* beräknad enligt $P = U[\text{RMS}]^2 / R$

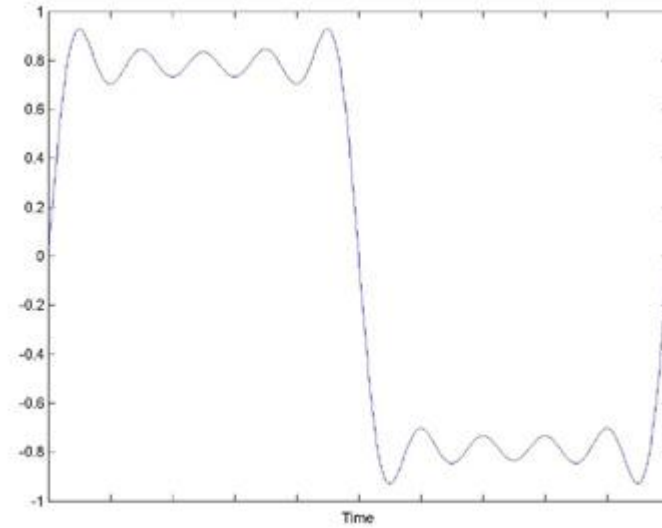
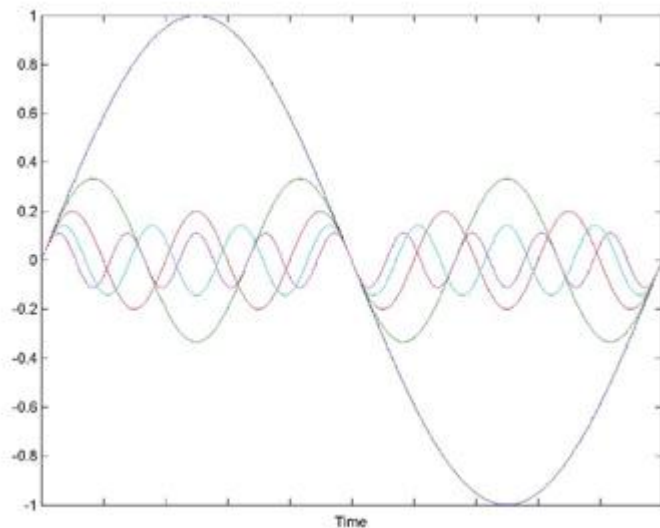
Termokorsinstrumentet



- u Klassiker som saknar vågformsberoende
- u Liten dynamik
- u Känsligt för överbelastningar

Risker med toppvärdesmätning och RMS-kalibrering

- u Ett toppvärdesmätande instrument kan visa c:a +/- 50% fel när det finns starka övertoner



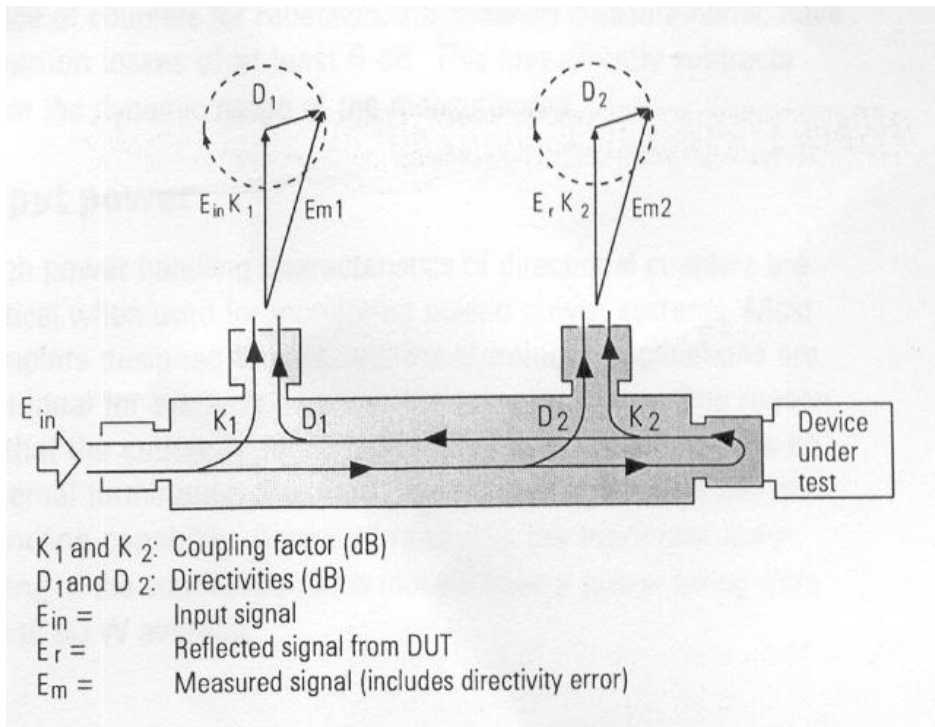
SWR eller reflektionsfaktor

- u Mäts enklast genom riktkopplare
- u Noggrannast med bryggor
- u I båda fallen kan falska frekvenser ställa till problem
- u Vanligen är en antenn endast anpassad på sin grundfrekvens
- u Övertoner reflekteras, och indikerat SWR ökar

SWR forts...

- u I exemplet med -10 dB 2:a överton så kommer indikerat SWR aldrig att vara $< 1,8:1$ även om antennen har 1:1 på sin grundfrekvens
- u Detta kan ytterligare förvärras när riktkopplaren inte har flat frekvensgång

Riktkopplaren



- u På de signaler som kommer ur portarna är direktivitetetsfelet summerat
- u Vid små reflektioner blir det ett stort fel

SWR forts...

- u SWR-beräkningarna i böckerna stämmer bara för ideala riktkopplare och bryggor, med oändlig direktivitet
- u Verkliga sådana har sällan direktivitet > 20 dB för "amatörprylar", 30 dB för "proffs"
- u Ett indikerat SWR på 1:1,2 kan lika gärna vara 1:1,5 eller 1:1

Att mäta bred- eller smalbandigt

- u Breddbandiga mätningar med toppvärdeskännande instrument blir vanskliga
- u Om man väljer ut den signal som är av intresse blir mätfeLEN mindre
- u Dock har smalbandiga instrument ofta sämre absolutnoggrannhet

Mottagarkänslighet

- u Förbistring mellan μV EMK och μV polspänning
- u EMK för att inte anpassning ska krävas
- u Effektmått (dBm) en bättre specifikation
- u Konvertering mellan SINAD och brusfaktor, men bandbredden behövs

Brusdioden



- u Klassiskt sätt att generera känd bruseffekt
- u Numera efterträdd av avalanchedioden
- u $F \text{ (dB)} = \text{ENR} - 10 \cdot \log(Y-1)$,
 $Y = P_{\text{till}}/P_{\text{från}}$
- u $\text{ENR} = 10 \log(T_{\text{till}}/T_{\text{från}})$

Påverkan av brusvällans SWR

- u När en brusväll kopplas till och från ändras dess SWR
- u Detta transformerar till en annan impedans mot transistorerna
- u Brusfaktorn ändras
- u Problemet blir värre när ingångskretsen har högt Q

Sammanfattning

- u "Aber Messen ohne Wissen ist kein Wissen"
- u Övertoner kan ställa till problem
- u När man mäter på t.ex. antenner är det lämpligt att mäta smalbandigt
- u Lågbrusiga förstärkare kan påverkas kraftigt av anpassningen