

# Ur vårt Digitala Arkiv

## TDR-mätning

Utdrag ur "Radiolänkkompedium" från 1971. Utgivet av Flygvapnet

**Denna digitala version omfattar enbart rubricerat avsnitt**

Dokumentet i sin helhet finns i AEF Arkiv med Nr 309

## TDR-mätning

B. Söderberg

TDR kommer av Time-Domain Reflectometry. TDR-metern består i princip av följande delar

- ett oscilloskop som indikator
- en pulsgenerator
- ett "T"

Till detta T är en kabel med belastning ansluten. Se bild 1.

Tillvägagångssättet vid mätning är att man sänder ut en puls på en kabel. Pulsen reflekteras där man har någon form av impedansändring. Dessa impedansändringar kallar man diskontinuiteter.

Man kan enkelt göra en uppkoppling och utföra mätningar på koaxialkablar av olika längd. Med denna anordning är det möjligt att mäta kablers karakteristiska impedans. Man ansluter ett variabelt motstånd som belastning i kabelns andra ände och ställer in detta så att ingen reflexion erhålls. Man har då anpassning. Genom att mäta resistansen kan man bestämma impedansen i kabeln.

Skall noggrannare mätningar göras, måste ett instrument av typen Hewlett Packard TDR anskaffas (HP 140 A och HP 1415 A).

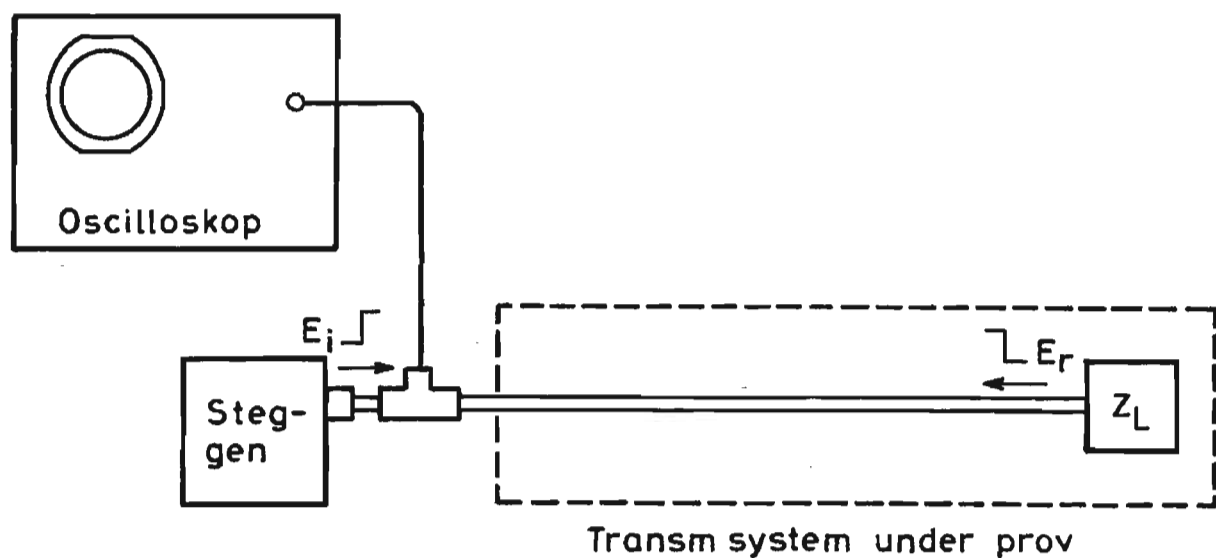


Bild 1

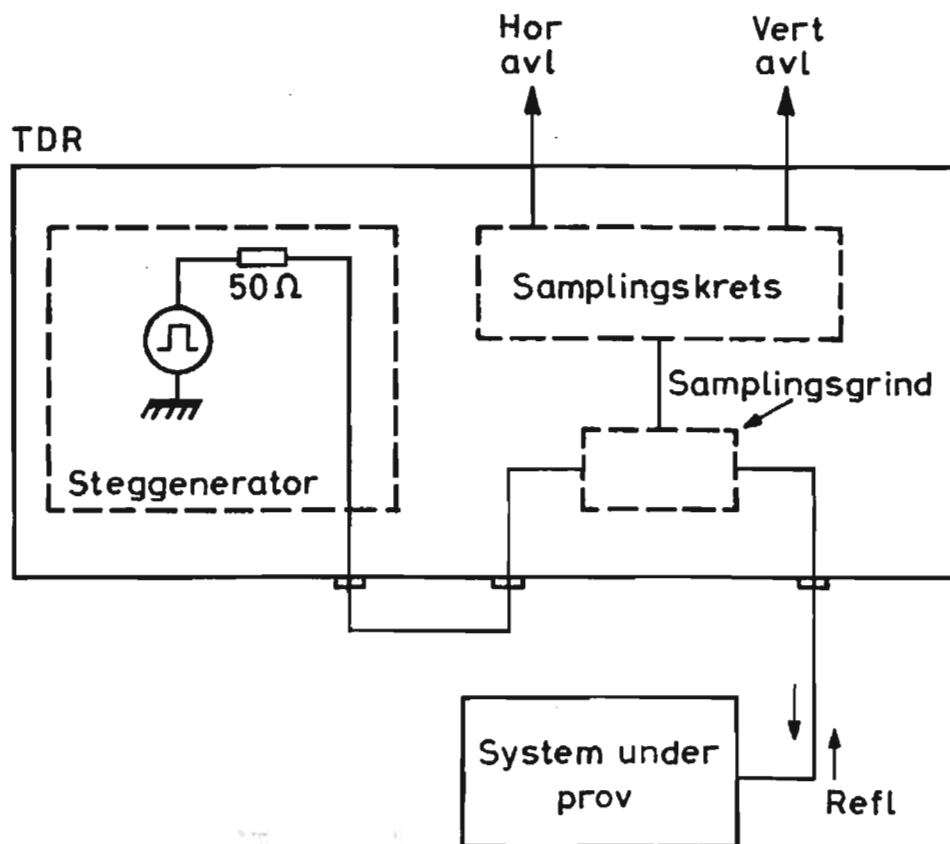


Bild 2

TDR-metern visas blockschemamässigt på bild 2. Man använder en generator som ger en puls med mycket snabb stigtid (ca 150 pikosekunder). Pulsen sänds ut på kabeln och med hjälp av samplingteknik undersöker man sedan kurvformen på pulsen. Antalet samplings är 4000 per 20 millisekund vilket ger en ekvivalent bandbredd av ca 2 GHz.

Exempel på möjliga mätningar

- Mätning av impedans
- Mätning av reflexionskoefficient
- Mätning av längd
- Kontroll av kablar med avseende på reflexionspunkter, osymmetri m m
- Mätning på antenner
- Ensning av antennkablar som skall ha lika elektrisk längd.

I övrigt hänvisas till HP Application notes 62 och 67.

Tdr-metern är graderad vertikalt i reflexionskoefficient..

$$\text{reflexionskoeff } (\rho) = \frac{U_r}{U_i}$$

Man mäter helt enkelt reflexionen och kan på så vis räkna ut impedansen.

$$\text{enligt: } Z = Z_0 \cdot \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|}$$

Det finns även möjlighet att placera transparenta raster över skåpskärmen och direkt avläsa impedansen.

Horisontalt är instrumentet graderat i nanosekunder eller i längd i cm. Tiden (t) är den tid det tar för pulsen att förflytta sig fram och tillbaka längs ledningen. Vet man om  $k_e$  för kabeln, kan den fysikaliska längden beräknas, omvänt kan  $k_e$  beräknas om den fysiska längden är känd:

$$d = \frac{c}{\sqrt{k_e}} \cdot \frac{t}{2}$$

Mätning på antenner kan utföras. Antennkablar som skall ha lika elektrisk längd kan tämligen enkelt ensas. Kablarna bör avslutas så att en liten missanpassning syns på skärmen. Därefter kopplas en kabel in i taget. Har man tillgång till en delningstransformator kan båda kablarna kopplas in.

Det finns många fler områden där denna metod är användbar: mikrovågskomponenter, förstärkare in- och utimpedans etc.

För att mätning skall kunna ske måste det finnas fysikalisk förbindelse. Dvs ej någon form av induktiv eller kapacitiv koppling.

Två kablar med karakteristiska impedanserna 50 ohm och med fysiska längden 1,56 m och 1,87 m kopplades ihop.

Den ena kabeln var felaktig, på denna uppstod tidvis kortslutning.

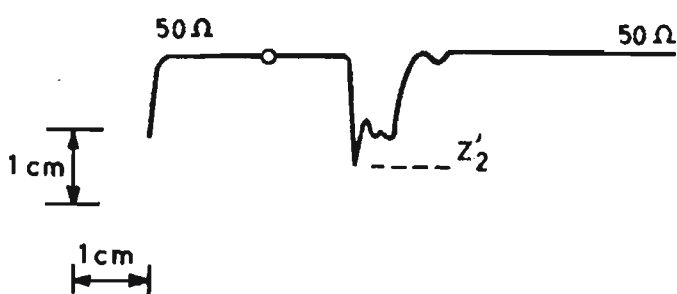
En oscilloskopbild från TDR-metern visas på bild 3, där även inställningarna är redovisade.

Exempel mätning på kabel

### Mätning på kabel

1,56 m LME HK 50 - 7 - 1

1,87 m Amphenol RG-214/1J (tidvis kortslutning)



Ej kortslutning

$\rho = 0,2/cm$   
Distans 200 cm/cm  $M = 2$

Figuren visar kabeln med diskontinuitet  
 $\rho = -0,28 :: SVF \quad 1,82$   
( $Z'_{2} \quad 28 \Omega$ )

Bild 3

Bild 4 visar samma sak men med större upplösning i både vertikal- och horisontal-led. Siffrorna i kurvan visar inställning på skärmen i cm. Dessa värden har erhållits med hjälp av en flyttbar mätpunkt och en kalibrerad potentiometer.

Siffrorna är av intresse när det gäller att lokalisera kontaktpunkter eller, som i detta fall, en icke fullt utbildad kortslutning. Punkten 4,89 är ett kontaktdon av N-typ på RG 214/U-kabeln. Punkten 5,45 är det ställe där felaktigheten börjar. Med hjälp av dessa två värden skillnad (0,57 cm) och med vetskap om att varje cm = 20 ns löptid för pulsen fram och tillbaka kan man beräkna distansen  $d$  till felet.

$$d = \frac{300 \cdot 10^6}{\sqrt{2,25}} \cdot \frac{0,57 \cdot 20 \cdot 10^{-9}}{2} \quad (\text{ke i RG 214/U} = 2,25)$$

$$d = 1,14 \text{ m.}$$

Från kontaktpunkten till felet är det alltså ca 1,14 m.

Man kan också beräkna hur stor impedans kabeln får i den felaktiga delen men detta är av mindre intresse. En beräkning av kabelns impedans framför felet kan dock åskådliggöras. Kurvan sjunker 0,3 cm efter kontakten (punkt 4,89)  $\rho = 0,05/\text{cm} \therefore \rho_{\text{in}} = 0,015$

$$\text{och } Z_{\text{in}} = Z_0 \frac{1 - 0,015}{1 + 0,015} \therefore Z_{\text{in}} = 50 \frac{0,985}{1,015} = 48,5 \Omega$$

Dämpning kan också mätas med hjälp av TDR-metern.

Man får då skilja på två typer av dämpning, dels seriedämpning eller Is-dämpning, dels shuntdämpning eller HF-dämpning. Seriedämpning yttrar sig på så sätt att en del av effekten tas upp av en serieimpedans och återvänder inte till samplingsenheten. Shuntdämpning yttrar sig i en försämring av den högfrekventa bandbredden på kabeln. Vid mätning på TDR-metern yttrar sig seriedämpningen som en ändring av den återreflekterade 0-nivån, se bild 5.

$\rho = \frac{E_r}{E_i}$  Vid mätning måste den andra änden på kabeln kortslutas med en ideal kortslutning. Det är denna kortslutning som indikeras höjd från ingående nollnivå.

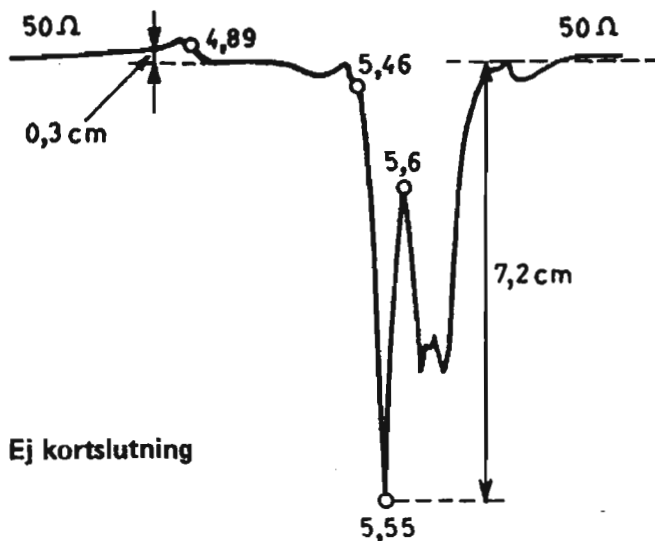
Ju högre den återreflekterade nollnivån ligger, desto större är dämpningen i kabeln.

Shuntdämpning yttrar sig i en ändring av stigtiden eller falltiden på den reflekterade pulsen. Se bild 6.

Sambandet  $t \cdot B = 0,35$  gäller för en RC-förstärkare och även på en kabel. (0,35 enligt uppgifter i HP litteratur.)

Ett bra sätt är att till TDR-metern ansluta en kabel med känd, låg förlust och känd karakteristisk impedans, helst 50 ohm. Därefter ansluts det övriga transmissionssystemet. Den inkopplade kabeln skall vara 1-3 m lång och utgöra referensnivå vid de fortsatta mätningarna.

För att mäta andra impedanser måste man koppla in transformator och eventuellt en balun om det gäller balanserade ledningar.



$\varphi = 0,05/\text{cm}$   
 Distans 200 M = 5

Löptid fram och åter 4 ns/cm  
 $\varphi_{in} = 0,05 \cdot (-0,3) = -0,015$   
 $\therefore Z_{in} = Z_0 \frac{1 - 0,015}{1 + 0,015} = 48,5 \Omega$

Bild 4

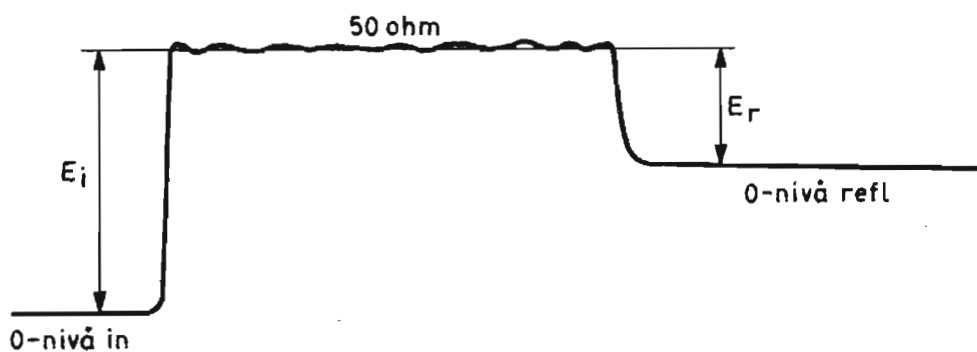
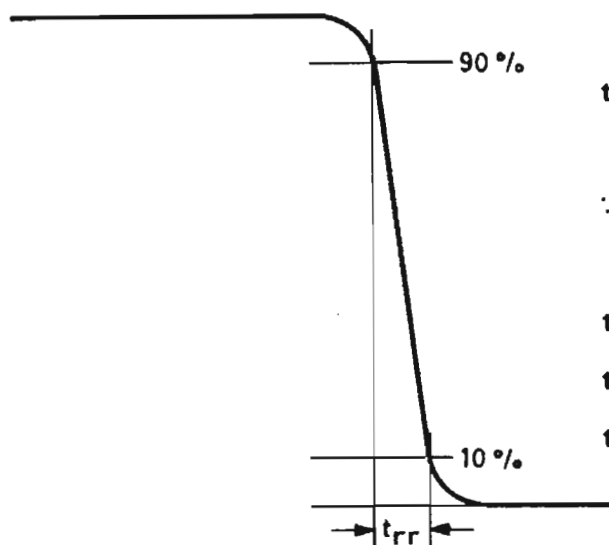


Bild 5



$$t_{rr} = \sqrt{2 t_{rc}^2 + t_{ri}^2}$$

$$\therefore t_{rc} = \frac{\sqrt{t_{rr}^2 - t_{ri}^2}}{2}$$

$t_{rc}$  = Stigtid för kabeln

$t_{rr}$  = Stigtid uppmätt på reflekterad puls

$t_{ri}$  = Stigtid uppmätt på ingående puls

Bild 6

Om diskontinuiteterna är orsakade av kapacitanser eller induktanser kan dessa beräknas.

Om det förekommer diskontinuiteter har de en viss fasvinkel och man måste därför beräkna SVF på ett annat sätt. Frekvensen där kabeln (systemet) skall användas måste vara känd och man kan därefter med hjälp av ett Smithdiagram bestämma vilket SVF man har vid inkopplingspunkten.

Tillvägagångssättet är att man bestämmer diskontinuiteterna som induktanser eller kapacitanser och räknar om dessa i komplex form, kabellängder räknas om i våglängder.

Som synes krävs ett ganska tidsödande räknearbete, men resultatet blir bättre än med mätning med reflexionsmetermetoden.

På TDR-metern finns ett uttag för X-Y-skrivare (används om det förekommer radiofrekventa störningar på kabeln). Man kan då ställa in skrivaren så, att den blir okänslig för dessa störningar. Normalt använder man en oscilloskopskamera av polaroidtyp.

Som avslutning kan sägas att det krävs ingående kännedom om transmissioner och beräkningar av dessa om målet är att göra noggranna undersökningar. Om det gäller att bedöma om transmissionssystemet är rätt utfört krävs endast vana med TDR-metern.