

## MÅLEOPGAVER TIL HF trin 3

EUC SYD

Opgaverne er forsynet med et antal stjerner, til angivelse af hvilke du skal tilstræbe at nå, og hvilke der er mindre vigtige. Jo flere stjerner, jo vigtigere.

God fornøjelse!

## Tilslutning af tæller til MS610B/MH680B

Tælleren tilsluttes tracking generatoren MH680B, og spektrumanalysatoren MS610B. Tælleren gates af spektrumanalysatoren når denne står i stilling "MARKER LEVEL". Gatetiden svarer til markeren på MS610B. Da trackinggeneratoren sweeper medens gaten er åben, vil den udlæste frekvens være middelfrekvensen. For at få en nøjagtig frekvensudlæsning på markeren skal "SPAN" sættes til nul.

### **Tilslutning og betjening:**

Bagside:

MH680B "Reset out" til BNC-bøsning bag på tæller.

Forside:

MH680B "Aux output" til aktuel tællerindgang.

Omskifter på bagsiden af tælleren:

OP: GATE-timing styres af MH680B (normal stilling).

NED: Intern GATE-timing.

Forsidekontroller på tæller:

Power: ON

Range: 1GHz/Inp.B 100MHz/Inp.A

Gate: Kun aktiv ved intern GATE-timing

LP. Filter: OUT

**NB: FIRST LOCAL  
SECOND LOCAL**

*NB: Tæller virker kun  
med sweeper  
0,1-0,2-0,5-1*

## Måling af harmonisk forvrængning

En funktionsgenerator skal kontrolleres med hensyn til harmonisk forvrængning på den genererede sinus.

Kontroller forvrængningen ved følgende frekvenser:

\*\*\*            20KHz,            forvrængning = \_\_\_\_\_ %

\*               100KHz,            forvrængning = \_\_\_\_\_ %

\*               500KHz,            forvrængning = \_\_\_\_\_ %

Målingen skal foretages ved en udgangsspænding på 100mV (100 dBuV).

Vær opmærksom på ikke at overstige +20 dBm, (2,24 V<sub>eff</sub> i 50 ohm) der er den maksimale spænding på spektrumanalysatorens indgangsbøsning.

Grundtonen og de harmoniske skal omregnes til absolut spænding inden de kan sættes ind i formlen. For at lette omregningen er det en fordel at indstille spektrumanalysatoren til at vise dBuV. Omregningen til uV foretages ved at dividere med 20, og derefter tage antilogaritmen (lommeregner!).

I stedet for at omregne til absolut spænding kan man beregne forholdet mellem grundtonen, der sættes til een, og de harmoniske. Disse forholdstal indsættes formlen i stedet for de absolutte spændinger.

## Kontrol af amplitudemodulation

En AM-signalgenerator skal kontrolleres med hensyn til den indstillede modulationsprocent når der moduleres med den internt genererede LF-tone.

Kontroller modulationen ved en bærefrekvens på 10 MHz og følgende indstillinger af modulationsprocenten:

*	indstillet 30%,	målt	%
***	indstillet 50%	målt	%
*	indstillet 80%	målt	%

Da det smalleste filter i anvendte spektrumanalysator er 1 KHz, er det ikke muligt at adskille bærebølgen og sidefrekvenserne ved modulationsfrekvenser under ca. 2 KHz. I stedet bruges analysatoren som AM-modtager. "SPAN" stilles til nul, og der afstemmes til modulationen vises med størst mulig amplitude på skærmen. Herefter aflæses signalets positive og negative spidsværdi samt middelværdien. På basis af disse værdier beregnes modulationsprocenten:

$$\text{Mod. \%} = ((u_{\max} - u_{\min}) / 2 \times u_{\text{mid}}) \times 100\%$$

---

### \*\*\* Indstilling og kontrol af AM-modulation

Signalgeneratoren skal til en måling på 14 MHz moduleres externt med en LF-tone på 5KHz, og en modulationsprocent på 60%. Foretag indstillingen og kontroller modulationsprocenten.

Med så stor afstand mellem bærebølge og sidefrekvenser kan amplituden af bærebølgen ( $u_{f0}$ ) og de to sidefrekvenser ( $u_{fn}$  og  $u_{f\phi}$ ) måles hver for sig, og modulationsprocenten beregnes:

$$\text{Mod. \%} = ((u_{fn} + u_{f\phi}) / u_{f0}) \times 100\%$$

Alternativt måles forskellen i dB (minus dB) mellem bærebølgens amplitude og den ene sidefrekvens. Derefter beregnes modulationsprocenten:

$$\text{Mod. \%} = (\text{antilog } (\text{dB}/20)) \times 2 \times 100\%$$

\*\*\*

## Kontrol af FM-modulation

En FM-signalgenerator skal bruges på 90 MHz og moduleres externt med frekvenser fra 5KHz til 15KHz.

Kontroller ved hjælp af Besselfunktionen at der er overensstemmelse mellem generatorens modulationsindstilling og det aktuelle frekvensssving.

---

### Besselfunktionen:

Besselfunktionen beskriver hvorledes sidefrekvensernes amplitude og fase ændrer sig som funktion af modulationsindex.

Modulationsindex er forholdet mellem frekvensssvinget og modulationsfrekvensen:

$$\text{Index} = \text{frekvensssving} / \text{lavfrekvens}$$

Når senderen er umoduleret består spektret kun af "bærebølgen". Med stigende frekvensssving, og dermed stigende modulationsindex, opstår der sidefrekvenser over og under bærebølgen. 1. sæt ligger i afstanden  $1x f_{LF}$  fra bærebølgen, 2. sæt ligger i afstanden  $2x f_{LF}$  fra bærebølgen o.s.v.

Besselfunktionen beskriver bærebølgens og sidefrekvensernes amplitude og fase som funktion af modulationsindex.

Til modulationskontrol gøres brug af den kendsgerning at de enkelte frekvenskomponenter forsvinder ved veldefinerede modulationsindex.

Bærebølgen og 1. og 2. sidefrekvens forsvinder ved følgende index (afrundet):

	Bærebølge	1. sidefrek.	2. sidefrek.
Index:	2,4	3,7	5,1
	5,5	7,1	8,5
	8,6	10,2	11,6
	11,7	13,4	14,8

Litteratur: Elektronik Ståbi

## Kontrolmåling af kanalforstærker

Tilslut kanalforstærkeren og kontroller/juster:

- \*\*\* -Gennemgangskurve med hensyn til placering og bredde.  
Kanal 43: billed: 647,25MHz, lyd: 652,75MHz
- \*\*\* -Forstærkning.  
20 dB
- \*\*\* -Returnloss.  
Min. 10dB.

Hvis der ikke er et tilfredsstillende returnloss efter justering af gennemgangskurven, justeres indgangskredsene forsigtigt til størst muligt returnloss. Derefter kontrolleres gennemgangskurven igen.

Pas på ved måling af gennemgangskurven at forstærkeren ikke giver en større udgangsspænding, end den er specificeret til. Indskyd om fornødent et dæpningsled mellem generatoren og forstærkeren. Ved måling af returnloss skal et evt. dæpningsled indsættes mellem generatoren og VSWR-broen.

### \*\*\* Måling af kompleks indgangsimpedans

Sæt **netværksanalysatoren** op til at måle impedanser og plot forstærkerens indgangsimpedans fra kanal 30 (540 MHz) til kanal 50 (710 MHz) i et smith-kort.

Aflæs reflektionskoefficienten på kanal 43 (647,25 MHz).

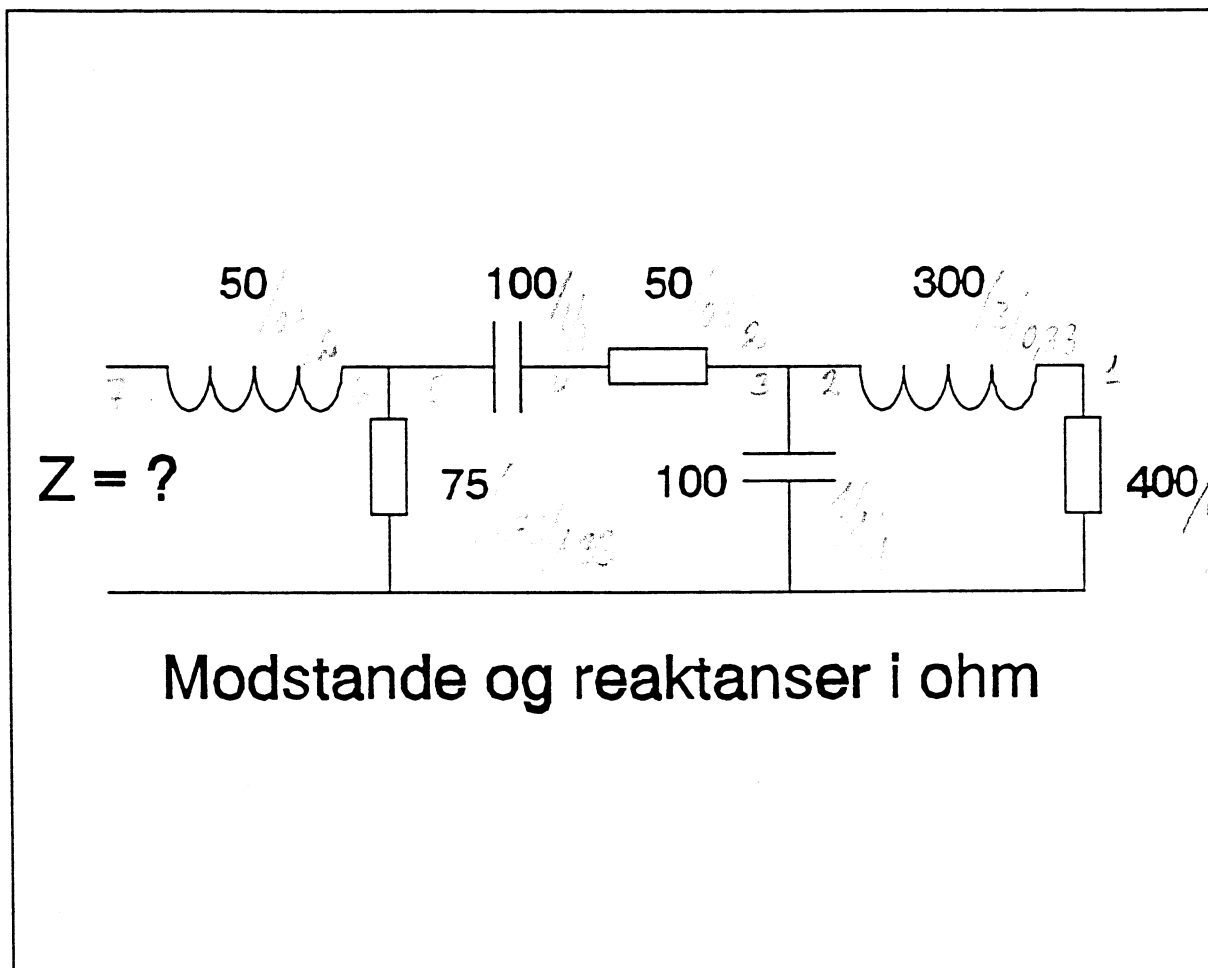
### Samtidig returnloss og gennemgangsmåling

- \* Sæt **netværksanalysatoren** op til samtidig måling af gennemgangskurve og returnloss. Til denne opstilling skal samtidigt bruges VSWR-bro og scalar-detektor.

### Analyseopgave til Smith-kort.

Nedenstående "rodebunke" af modstande, spoler og kondensatorer skal analyseres for at finde indgangsimpedansen.

Vælg en  $Z_0$  der er nem at regne med, f.eks. 100 ohm.



Svaret skal gives som et komplext tal på algebraisk form.

Hvad bliver impedansen ved den halve frekvens?

\*\*\* Indgangsimpedans ved  $f_1$  = \_\_\_\_\_

\*\* Indgangsimpedans ved  $f_{1/2}$  = \_\_\_\_\_

\*\*\*

### Konstruktion af tilpasningsled.

Der skal konstrueres et tilpasningsled mellem en ohmsk belastningsmodstand og en generator med en udgangs-impedans på 50 ohm.

Der kan "vælges" mellem følgende fire værdier af belastningsmodstanden:

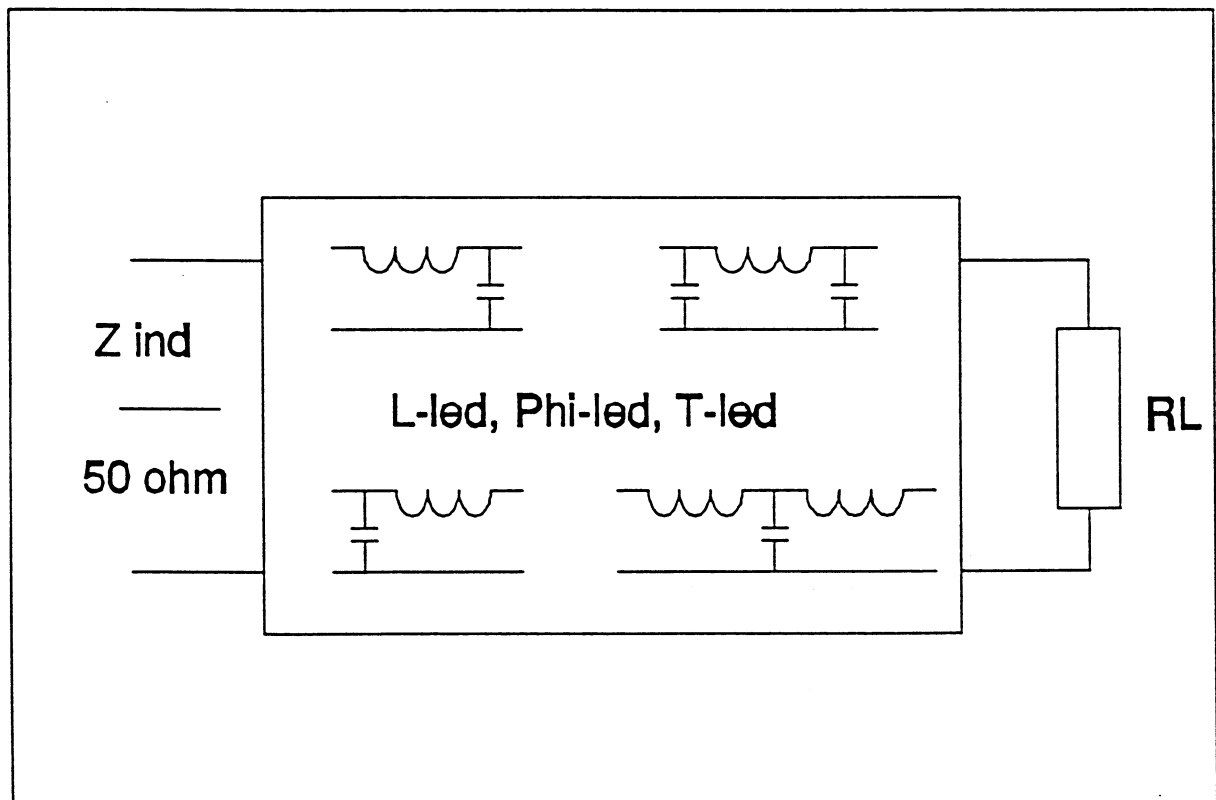
27 ohm      100 ohm      220 ohm      470 ohm

Tilpasningen skal konstrueres til at fungere på 40 MHz.

Der kan vælges mellem simple L-led eller T- og Phi-led.

Foretag dimensioneringen ved hjælp af Smith-kort. Konstruer derefter leddet ved at vikle de nødvendige spoler og kontroller at transformationen er som beregnet.

Kontrolmålingen foretages med trackinggenerator og spektrumanalysator sammen med reflektionsbro koblet til at måle returnloss.





\*\*

### Impedanstransformation

En belastning er ved måling konstateret at have impedansen:

$$Z_L = 300 + j100 \text{ ohm}$$

Denne belastning skal tilsluttes en generator med en udgangsimpedans på:

$$Z_G = 25 + j50 \text{ ohm}$$

For at få den størst mulige effekt overført til belastningen skal denne transformeres til den komplek konjugerte af generatorens udgangsimpedans. At den er kompleks konjugert vil sige at den imaginære del har modsat fortegn.

Opgaven går således ud på at transformere:

$$300 + j100 \text{ ohm} \text{ -----> til -----> } 25 - j50 \text{ ohm}$$

Hints:

Start med at vælge  $Z_0$ .  $Z_0 = \underline{\hspace{2cm}}$

Normer størrelserne og plot begyndelsespunktet  $Z_L$  og slutpunktet  $Z_G$  konjugert i smith kortet.

Begynd konstruktionen fra  $Z_L$ . Hvorfor!? Det er  $Z_L$  der skal gøres noget ved, derfor!

Skitser leddet herunder. Komponenternes størrelse angives ved deres denormerede reaktanser.

Hed trackinggen og spektrumanalyser findes med stripen koblet til et T-stykke, den frekvens hvor stripen er  $\frac{1}{4}\lambda$ . Der sættes en trimmer på stripen og der stilles til resonans ved den halve frekvens. kondensatoren måles og  $X_c$  udregnes ved denne halve frekvens.  $X_c$  er så lig med stripens indimpedans.

### Mikro-Stripline

Denne øvelse går ud på at konstruere forskellige linier, kredse og sug ved hjælp af stripline.

- \*\*\* 1. Først udlægges en 50 ohm's linie mellem de to BNC-bøsninger på øvelsesprintet. Afslut linien med en 50-ohm's normalmodstand og mål returnloss (trackinggenegator og spektrumanalysator) eller indgangsimpedans (netværksanalysator). Denne måling giver et indtryk af hvor tæt liniens impedans ligger på 50 ohm.

---> < [ ] >---> 50 ohm

- \* 2. Beregn længden af 3 forskellige  $\frac{1}{4}$  bølgestubbe til 1 GHz med en høj, en middel og en lav linieimpedans. Sæt måleudstyret op til at måle gennemgangskurven fra den ene BNC-bøsning til den anden og forbind efter tur stubbene til det **samme** punkt på linien. Mål frekvensen, dybden og bredden af suget. Anslå  $Q_{\text{eff}}$ .

---> < [ ] >---> 50 ohm

^                      ^                      ^

|                      |                      |

?                      ?                      ?

- \*\*\* 3. Beregn to  $\frac{1}{4}$  bølgestubbe til 1GHz med 50 ohm linieimpedans. Forbind først den ene stub til linien og kontroller frekvens og dybde. Forbind dernæst den anden stub til linien. Find den afstand fra den første stub der giver det dybeste sug. Hvad er afstanden i bølgelængder?

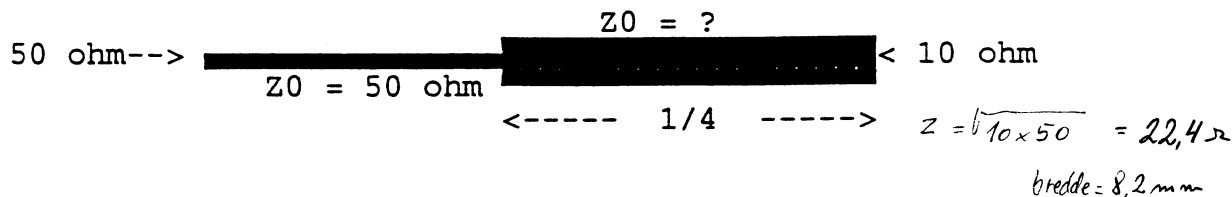
---> < [ ] >---> 50 ohm

|                      |

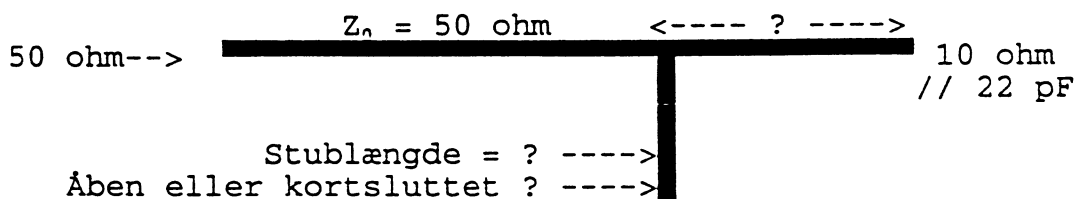
<-- ? -->

## Mikro-stripline, fortsat

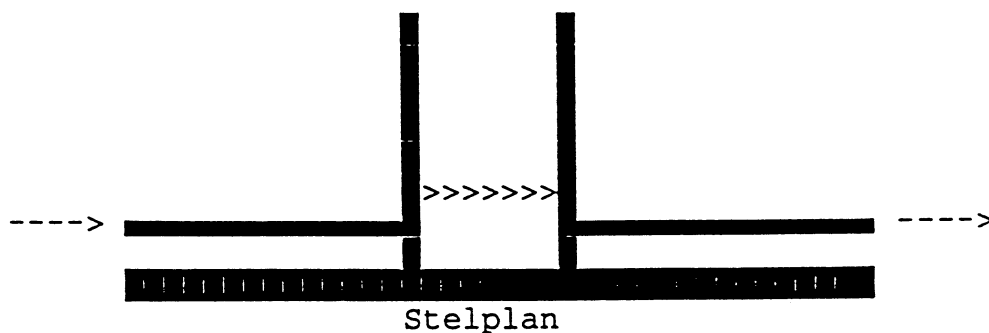
- \*\* 4. Der skal laves en 1/4-bølge transformator der transformerer 10 ohm til 50 ohm ved 500 MHz. Lod modstanden over kanten af øvelsesprintet med kortest mulige forbindelser, og forbind 1/4-bølgelinien mellem modstanden og 50 ohm's linien. kontroller returnloss.



- \*\*\* 5. Der skal laves tilpasning mellem en belastning, der består af en parallellforbindelse af en modstand på 10 ohm og en kondensator på 22 pF, og en generator med 50 ohm udgangsimpedans. Frekvensen er 150 MHz. Der er kun 50 ohm's linie til rådighed. Foretag dimensioneringen af linielængderne i et smith-kort. Realiseringen kan foretages med stripline på øvelsesprintet eller RG58U kabelstykker. Kontroller returnloss.



- \* 6. Beregn længden på to 50 ohm's 1/4 bølgestubbe til 1 GHz. Placer dem ved siden af hinanden ud mod kanten af øvelsesprintet med en afstand af ca. 20 mm og lod den "kolde" ende til stelplanet. Før en 50 ohm's linie fra hver BNC-bøsning til hver stub og forbind dem til disse ca. 10 mm fra den "kolde" ende. De to stubbe danner nu hver en kreds i et båndfilter. Mål gennemgangskurven medens du eksperimenterer med koblingen mellem stubbene. Kontroller returnloss.



## Mikro-stripline, fortsat.

- \* 7. Prøv at bestemme den karakteristiske impedans af et stykke stripline. Måleprincippet beror på den kendsgerning at en åben eller kortsluttet linie der er  $1/8$  bølgelængde lang vil optræde som en reaktans af samme størrelse som  $Z_0$ .

Kalibrer først netværksanalysatoren, indstillet til impedansmåling, med målekablet åbent. Forbind derefter målekablet til striplinien med kortest mulige forbindelser.

Find dernæst den frekvens hvor impedansen er lavest og aflæs frekvensen. Idet linien her er  $1/4$  bølgelængde lang må den være  $1/8$  bølgelængde på den halve frekvens

Opsøg denne og aflæs reaktansen og dermed  $Z_0$ .

- \* 8. Og så gælder det! Dimensioner en forstærker med transistoren \_\_\_\_\_ til 800 MHz. Trinets ind- og udgangsimpedans skal være 50 ohm, og tilpasningen skal laves med mikro-stripline, og om nødvendigt folietrimmere.

Transistorens arbejds punkt sættes til:

$V_{CE} = \text{_____} V$  og  $I_C = \text{_____} mA$ .

S-parametrene i dette arbejds punkt er opgivet til:

$S_{11}$ : 0, \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_°

$S_{21}$ : \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_°

$S_{12}$ : 0, \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_°

$S_{22}$ : 0, \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_°

Til dimensionering af de optimale generator- og belastningsreflektionscoefficienter anbefales det at benytte HP APPCAD programmet.

Ligeledes bør man kontrollere om trinnet er ubetinget stabilt, d.v.s. om stabilitetsfaktoren  $K$  er større end 1.

\*\*

### S-parametre

Opgaven lyder på at bestemme PNP-transistoren BFQ23's S-parametre i frekvensområdet 100 - 500 MHz.

Parametrene skal bestemmes i arbejds punktet:

-VCE = 5V                      og                      IC = 10 mA

Ved  $S_{11}$  og  $S_{22}$  Indstilles netværksanalysatoren til at måle impedanser med udlæsning på smith-kort.

Hav den kortets mulige forbindelse mellem reflektionsbroen og transistorfixturen. Dette gøres ved at sætte reflektionsbroen direkte på BNC-stikket på fixturen.

Under målingen er det vigtigt ikke at overstyre transistoren. Dæmp derfor analysatores udgangssignal til ca. -25 dBm ved måling af  $S_{11}$  og  $S_{21}$ . Indstil "INPUT-RANGE" i overensstemmelse hermed.

Kalibrer opstillingen inden målingen af hver parameter.

Kalibreringen til  $S_{11}$  og  $S_{22}$  foretages med afmonteret transistor. Kalibreringen til  $S_{21}$  og  $S_{12}$  foretages med en kortslutning i form af et stykke tråd i stedet for transistorens basis-collektor forbindelse. D.v.s. at fixturen er kortsluttet mellem indgang og udgang.

### Måleresultater

f MHz	*** Opg.	$S_{11}$ Målt	*** Opg.	$S_{21}$ Målt	* Opg.	$S_{12}$ Målt	* Opg.	$S_{22}$ Målt
100	0,38		16		0,03		0,75	
***	-84°		137°		68°		-37°	
200								
*								
300								
*								
400								
*								
500								
***								