

REFLECTOMETER WITH COAXIAL COUPLER

by J. Ehrlich, DF 3 CK

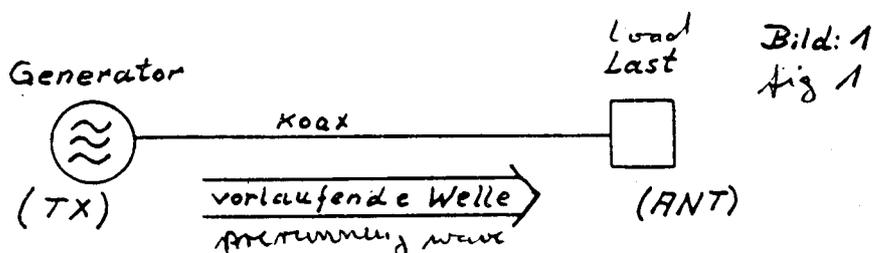
To carry over rf power between generator (tx) and load (ant.), it is necessary to get best matching, to carry over maximal power. The transmission line is mostly coaxial line 50Ω ; so the measurement is also with 50Ω impedance. The problem for OMs is, to get a good measurement to check the matching between transmitter and antenna or between two stages.

For higher frequencies (70cm 23cm 13cm aso.) only a few OMs, with contacts to the industry, can make measurings on this bands. Since some years it has changed, now there are very good directional coupler obtainable also for OMs. so the UHF/SHF interested OM is able to measure at these bands and to activate.

The energy is carry over through a coaxial line from the generator to the load. If generator and load are matched optimal, so the hole energy is transposed to heat in the load, coaxial line and load loss are idealized neglected. That is the prerunning energy and the prerunning wave or power.

Zur HF-Leistungs-Übertragung vom Generator zur Last muß man optimale Anpassung erreichen, um maximale Leistung zu übertragen. Als Übertragungsleitung wird Koaxialkabel mit 50Ω benutzt, so findet man meist Meßgeräte mit 50Ω . Das Problem ist nun, gute Meßgeräte zum messen von Stufen und Antennen zu bekommen. Die höheren Bänder (70cm 23cm usw.) konnten nur wenige OMs mit Beziehungen zur Industrie vermessen. Das hat sich nun geändert, da nun sehr gute Richtkoppler erhältlich sind. Dadurch ist der SHF interessierte OM nun in der Lage im UHF/SHF Bereich Anpassung zu messen und diese Bänder zu aktivieren.

Mit einem Koaxial Kabel wird Energie vom Generator (TX) in Richtung Last (Ant.) übertragen. Sind Generator und Last impedanzmäßig richtig angepaßt, so wird die gesamte Energie in der Last in Wärme umgesetzt. Koaxialkabel- und Antennenverluste sind idealerweise vernachlässigt. Man spricht deshalb auch von der vorlaufenden Energie und von der vorlaufenden Welle oder Leistung.



We know, nothing is perfect, the load impedance is not the same as the coaxial line impedance, some

Nun wissen wir, nichts ist perfekt, die Last-Impedanz ist nicht gleich der Koax-Impedanz; ein Teil der

thing of the prerunning power does not carry over, but is reflected to the generator. So there are two waves, a prerunning wave and a reflected wave in different directions on the coaxial line.

vorlaufenden Leistung wird nicht übertragen sondern zum Generator zurückgeschickt, reflektiert. Somit laufen 2 Wellen, eine vorlaufende und eine rücklaufende Welle in entgegengesetzten Richtungen auf dem Koaxialkabel.

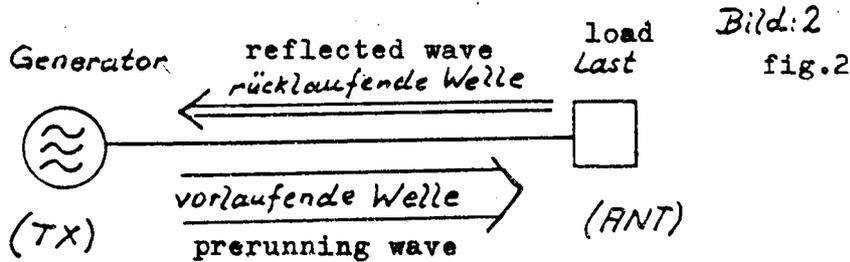


Bild:2
fig.2

Through heterodyne from both waves it gives the well known wave model, fig.3, on the x axis is the voltage and on the y axis is the locality. In a slot line (fig.4) the sum of the fields is indicated with a detecting element at a fixed place. The voltage ratio (fig.3), U_{max} at place 1 to U_{min} at place 2, is the standing wave ratio and it gives information about the matching.

Durch Überlagerung beider Wellen entsteht das bekannte Wellenmuster (Bild3) auf X-Achse = U, und auf Y-Achse = Ort. In einer Schlitzeitung (Bild4) kann man die Summe der Felder an einem bestimmten Ort mittels Meßsonde auskoppeln und zur Anzeige bringen. Das Spannungsverhältnis (Bild3), U_{max} :Ort 1 zu U_{min} :Ort 2 wird als Stehwellenverhältnis bezeichnet und gibt Auskunft über die vorliegende Anpassung.

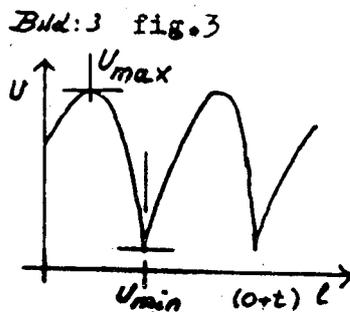
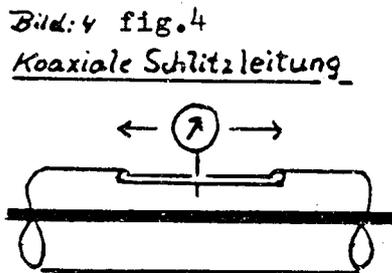


Bild:3 fig.3

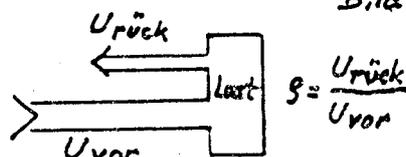


coaxial slot line

We don't talk about phase relation of the waves, but only about the amounts of the waves, scalar not vectorial. The most microwave components have dials which find out with scalar measurement. The values have already a frequency designation.

Wir berücksichtigen keine Phasenbeziehungen der Wellen, sondern betrachten nur die Beträge der einzelnen Wellen, also skalar und nicht vektorieil. Meistens sind die Mikrowellenbauteile mit Daten versehen, die mit der skalaren Meßmethode ermittelt wurden.

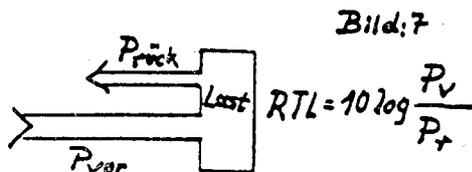
Rho = reflection coefficient
voltage ratio
between reflected
& prerunning wave



$$\rho = \frac{U_{rück}}{U_{vor}}$$

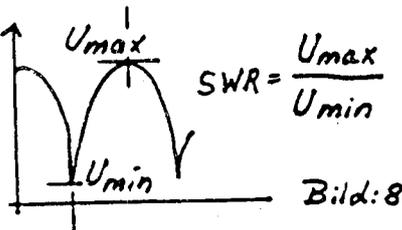
Bild:6
Rho=Reflektionskoeffizient
Spannungsverhältnis von
rücklaufender zur vorlaufender Welle

RTL = Return Loss
 reflected coefficient
 logarithmic the return
 loss value (in db) is
 the measured value
 which tells how much
 the reflected wave is
 lower than the prerun-
 ning wave



Rtl=Rückflußdämpfung
 Reflektionskoeffizient
 logarithmisch. Der RTL-
 Wert in db ist ein Maß
 um wieviel db die rück-
 laufende Welle geringer
 als die vorlaufende
 Welle ist.

SWR = Standing Wave Ratio
 Two waves on a line are
 added vectorial. $U_{max} =$
 $|U_{vor}| + |U_{refl}|$, in phase.
 $U_{min} = |U_{vor}| - |U_{refl}|$
 180° out of phase.
 measured with a slot line



SWR = Stehwellenverhältnis
 Zwei Wellen auf einer Lei-
 tung addieren sich vektori-
 ell. $U_{max} = |U_{vor}| + |U_{refl}|$
 (in Phase) $U_{min} = |U_{vor}| -$
 $|U_{refl}|$ (180° außer Phase)
 Mit einer Schlitzeleitung
 gemessen.

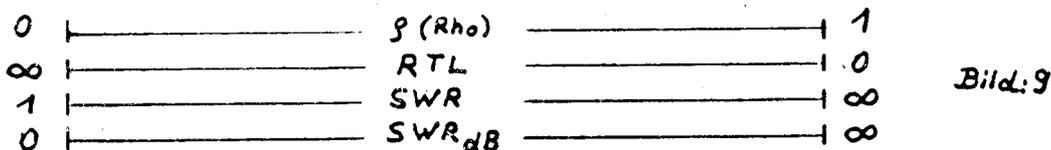
optimal matching
 $Z_{load} = Z_{coax}$

fig. 9

Optimale Anpassung
 $Z_{Last} = Z_{Koax}$

total reflection
 $Z_{load} = 0$ or ∞

Totalreflexion
 $Z_{Last} = 0$ oder unendlich

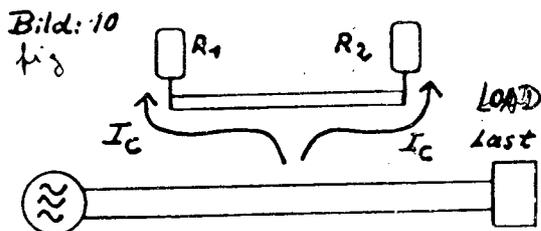


The directional coupler separates
 on a line two waves with different
 directions. So it is possible to
 measure only the prerunning wave
 or the reflected wave, and to
 compare both values. Better is a
 combination of both, a two way
 directional coupler or a reflecto-
 meter.

Fig. 10/11 shows a coaxial direc-
 tional coupler with mixed coupling.
 A directional coupler has an input-
 and output connector (N-Norm)
 which is connected with the main
 line. A parallel line is coupling
 out some rf power, like the geome-
 tric conditions. The parallel line
 is terminated at both ends corres-
 ponding the characteristic impedance.

Der Richtkoppler trennt 2 HF-Wellen,
 die auf einer Übertragungsleitung in
 unterschiedlichen Richtungen laufen.
 Dadurch ist es möglich, eine Teilkom-
 ponente der vorlaufenden Welle oder
 der rücklaufenden Welle auszukoppeln
 und amplitudenmäßig zu bestimmen und
 zu vergleichen. Besser wäre ein Kopp-
 pler der beides vereint und als Re-
 flektometer bezeichnet wird.

Bild 10/11 zeigt einen Koaxial-Richt-
 koppler, der mit gemischter Kopplung
 arbeitet. Ein Richtkoppler besteht
 aus Ein- und Ausgang (N-Stecker oder
 Buchse), die durch die Hauptleitung v
 verbunden sind. Eine Nebenleitung kop-
 pelt entsprechend der geometrischen
 Verhältnisse eine entsprechende HF-
 Leistung aus. Die Nebenleitung ist
 mit ihrer charakteristischen Impedanz
 an beiden Enden abgeschlossen.



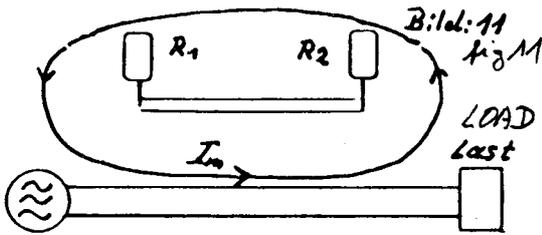
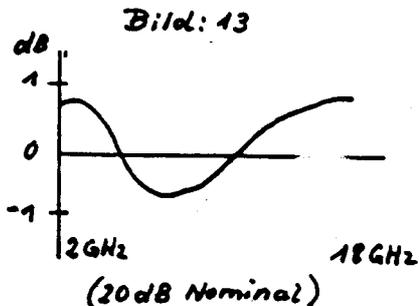


Fig.12 shows, that there is no indication of the prerunning component, because I_c and I_m cancel at R_1 . At R_2 is a indication, because I_c and I_m are added. In this direction only the reflected wave is coupled out and indicated.

The technical dates of a directional coupler are very important, here are the main points.

Frequency range :
 small range, or some octaves
 2 GHz - 18 GHz aso.
 Connectors :
 most N-normal or female

Flange :
 wave guide directional coupler
 as the case may be for example
 X-band, 8.2 - 12.4 GHz, WR 90,
 UG-135/U
 Coupling :
 coupling loss between main
 line and parallel line in db
 3,6,10,20,30 or 40 for a limited
 frequency range for example
 fig.13/14 2GHz - 18GHz +/- 1db



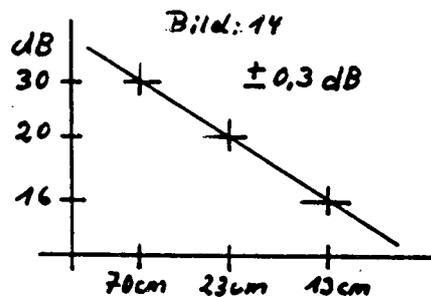
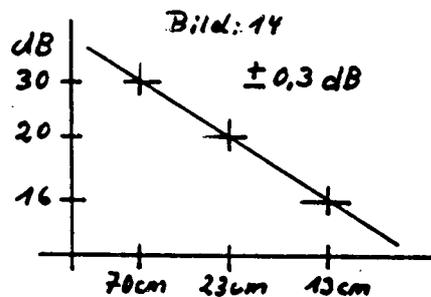
Mittels HF-Demodulator wird die ausgekoppelte HF-Komponente zur Anzeige gebracht. Die magnetische und kapazitive Kopplung zusammen bewirken die Richtungsabhängigkeit. Bild 12 verdeutlicht, daß keine vorlaufende Komponente zur Anzeige gelangt, da I_c und I_m sich an R_1 aufheben. An R_2 findet jedoch aufgrund der Addition von I_c und I_m eine Übertragung statt. In dieser Richtung betrieben wird nur die rücklaufende Welle ausgekoppelt und angezeigt.

Nachstehend aufgeführte Daten sind wichtige Kenngrößen eines Richtkopplers, die entsprechenden Begriffe mit typischen Werten nachstehend.

Frequenzbereich :
 Schmalere Bereich einige 100MHz im
 GHz-Bereich oder breit 2-18 GHz zB-
 Stecker :
 N-Norm 50Ω männlich oder weiblich

Flange :
 Hohlleiter richtkoppler, Flange je
 nach Band zB. X-Band, 8,2...12,4 GHz
 WR90, UG-135/U.

Kopplung :
 Auskoppeldämpfung zwischen Haupt-
 leitung und Nebenarm in db:3,6,10,
 20,30, oder 40 db für eine bestimmte
 Frequenz zB. 2 - 18 GHz 20 db +/- 1



Tracking :

At a two way directional coupler the difference between both parallel lines, for example $\pm 0.2\text{db} \dots \pm 0.5\text{db}$

SWR :

on the main line 1.1 db to 1.5db connectors does the most

Directivity, :

The most important characteristic quantity, it is decisive for the measurement accuracy at low reflection values. It has to decide from prunning to reflected wave in db 20,30,40 db (if possible high values)

Isolation :

= directivity + coupling (db)

Power :

permanance power, pulse power limitation through internal park over voltage, power of the parallel line resistor, plug aso.

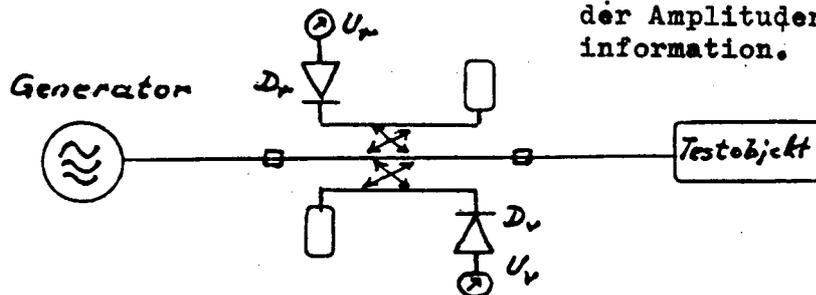
Insertion loss :

coupling loss in the coupler and loss through the out coupling power 3db coupler : insertion loss 3.2 db to 3.5db. 20db coupler : insertion loss 0.2 - 0.5 db

Other declarations like weight, phase relationship, temperature are not unbresting for amateurs.

You can see, it is not easy to build a good directional coupler on a kitchen table, so it is very interesting that you can buy a precise directional coupler with very good dates.

In practice the directional coupler is placed between the generator and the testobjekt. So we have a complete reflectometer system to measure the amplitude value without phase information.



Tracking :

Bei dem Zweiweg-Koppler vergleicht man die Kopplung der beiden Nebenarme (Tracking) $\pm 0.2\text{ db} \dots \pm 0.5\text{ db}$

SWR :

Hauptleitung: 1,1db...1,5db (Der Stecker liefert das meiste)

Richtschärfe :

Wichtigste Kenngröße, bestimmt überwiegend die Meßgenauigkeit, bei kleinem Reflektionswerten. Das Trennvermögen der Signalrichtung in db : 20,30,40,db (solltex möglichst groß sein)

Isolation :

= Richtschärfe + Kopplung (in db)

Leistung :

Dauerleistung, Pulsleistung Begrenzung durch interne Spannungsüberschläge, Leistung des Nebenarmwiderstandes, Stecker.

Einfügungsdämpfung :

Übertragungsverluste im Koppler und Berücksichtigung der bereits ausgekoppelten Energie, zB. 3db Koppler : Einfügungsdämpfung ca. 3,2...3,5db 20db Koppler ca. 0,2...0,5db

Weitere Angaben wie Phasenverlauf, Gewicht, Abmessungen, Temperatur usw. sind für uns nicht relevant.

Wie man sieht kann man einen guten Richtkoppler nicht ohne weiters mit Hammer und Beißzange auf dem Küchentisch fertigen, Es ist daher besonders erfreulich, daß ein präziser und preisgünstiger Richtkoppler mit hervorragenden Daten im Amateurfunkhandel erhältlich ist.

Im praktischen Einsatz wird der Richtkoppler zwischen Generator (TX) und Testobjekt (Last,Ant.) eingefügt. Wir erhalten damit ein komplettes Reflektometersystem, zur Gewinnung der Amplitudenbeträge ohne Phaseninformation.

fig 15

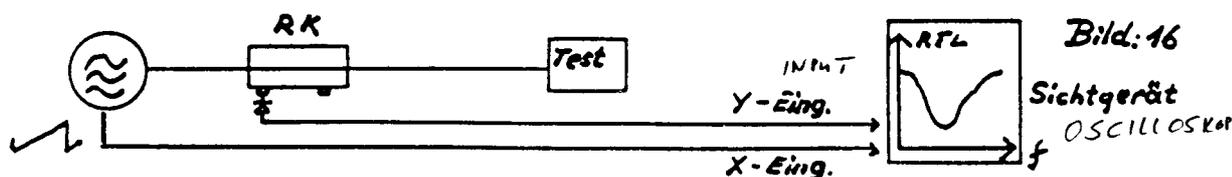
(the arrows shows only the transmission direction, and do not agree with the physical construction) The reflectionsystem includes generator, coupler, detection, indication.

The generator does the measure frequency, normally we have out Tx for this job. It has much power, but only a little frequency range. To check to match retain over a great frequency range, it is better to use a frequency generator. The frequency stability is not very important. A variable UHF tuner oscillator is useful. It is better to use a sweeper or a wobulator, which can sweep automaticly a frequency range. With an oscilloscope, as an indication, it is possible to display at a wide frequency range the matching. Sweeper frequency and oscilloscope x-axis deflection are controlled by a synchronous one saw-tooth voltage.

(Die Pfeile geben die Übertragungsrichtung an und müssen nicht mit dem physikalischen Aufbau und Funktion übereinstimmen)

Unser Reflektometersystem besteht aus: Generator, Koppler, Detektor, Anzeigeeinrichtung.

Der Generator liefert uns die Meßfrequenz, üblicherweise unser Tx. Er gibt zwar eine große Ausgangsleistung ab, hat jedoch nur einen sehr kleinen Frequenzvariationsbereich. Um das Anpaßverhalten über einen größeren Frequenzbereich beurteilen zu können, ist es zweckmäßig mit einem Generator zu arbeiten. Frequenzstabilität ist unkritisch. Ein durchstimmbares UHF-Tuneroszillator ließe sich verwenden. Idealer wäre ein Wobbler oder Sweeper der automatisch einen bestimmten Frequenzbereich durchfährt. In Zusammenhang mit einem Oszilloskop, als Anzeigeeinheit, ließe sich direkt breitbandig und auf einen Blick, erfaßbar die Anpassung darstellen. Sweeperfrequenz und Oszilloskop x-Ablenkung werden synchron von einer Sägezahnspannung gesteuert.



Important is the power or the amplitude of the generator, the Tx has certainly enough power, that means enough amplitude for the detectors. You have to take into consideration, that the coupler for example has 20db, so the detection diode has only 1/10 of the prerunning voltage wave, or badly the testobject has $\rho=0.1$ $RTL=20db$, so the reflected wave at the outcoupling line has only 1/100 of the amplitude voltage of the prerunning wave. The generator power decides so the dynamic range of the reflectometer system.

Wichtig ist die Leistung oder Amplitude des Generators, der Tx ist sicherlich leicht in der Lage einige Watt HF zu liefern, das heißt für die Koppler-HF-Demodulatoren, es ist ausreichend Amplitude vorhanden. Man muß ja berücksichtigen, daß der Koppler zB. mit 20db, die auf der Hauptleitung vorlaufende Welle, der Demodulatoriode somit nur 1/10 der vorlaufenden Spannungswelle angeboten bekommt, oder noch ungünstiger, das Testobjekt hat eine $\rho=0,1$ $RTL=20db$, das wiederum erzeugt an dem Auskopplarm für rücklaufende Welle nur noch eine Spannungsamplitude von 1/100 der vorlaufenden Welle.

continued in DUBUS 2/83

Wird in 2/83 fortgesetzt!