

各款天線分析器, SWR 錶, 功率錶使用 上的重點說明 ver 1.1

更新請參考 <http://www.rimtai.com/chtr/Products/store/Analyzer.pdf>

潤泰實業有限公司 編輯

天線分析器與 SWR 錶與功率錶間的差異

天線分析器是以 SWR 錶的電路為基礎但並不完全等同 SWR 錶。

SWR/功率錶 是依單一固定可接受誤差內的電路為基礎，在一定頻率與功率範圍內量測電線電力的前進與反射電力，並以前進射電力比顯示於錶頭的儀錶，有些設計有滿錶校正電路與功率切換檔位。

註: SWR 只能給您駐波比值，當天線 SWR 過高時，只能知道天線存在著某些問題，資訊相當有限。

天線分析器 是以 SWR 表類似的電路為基礎，但附加更多的感應電路。它以內建頻率發振電路產生可調整特定範圍的頻率，較精確者附有數位計頻器以精確顯示產生的頻率，所以不依賴外接的發射源。所產生的頻率送入天線端連接器到天線，讀取的數值再經由內部的 AD 轉換成數位訊號，計算後顯示於 LCD 顯示器上。

單純的 SWR 錶除了一定的適用頻率範圍要尊以外，還需要視規格輸入適用的功率範圍，並加入校正，才能得到正確的讀數。



Bird 43 功率錶

一般 Bird 43 功率錶可量測無線電的前進功率與反射功率。使用條件是要選用正確的量測元件，即功率範圍與頻率範圍的 Slug。



以 Bird 43 量測上能取得無線電力注入天線時, 設備所表現的前進電力與因天線匹配上所產生的反射電力.

良好的天線所產生的反射電力要越小越好.

Bird 43 沒有校正電路, 使用前應該以假負載 (Dummy Load) 比對所使用功率與頻率後當成基準來使用.

Diamond 各種款式的 SWR/功率錶

SX 等系列的 SWR/功率錶具備有校正的電路, 顯現日本產品的精緻特色. 選用時要選擇正確的頻率範圍, 切換正確的功率檔位, 切換正確的量測項目.



多種頻率範圍的 SX 款式 SWR/功率錶還要選擇不同的入出力端, 因為內部其實是依不同的頻率範圍製造的專用電路.

數位式的天線分析器



數位式的天線分析器中有很敏感的 AD 轉換器元件, 使用前最好先 **暖機 5 分鐘** 以上等待系統的工作溫度穩定, 以減少誤差產生.

MFJ 天線分析器所產生的頻率是由 1.8 到 170MHz 分數段切換, 有些機種則加上 UHF 410 到 520MHz 的頻率產生器, 由開關切換.

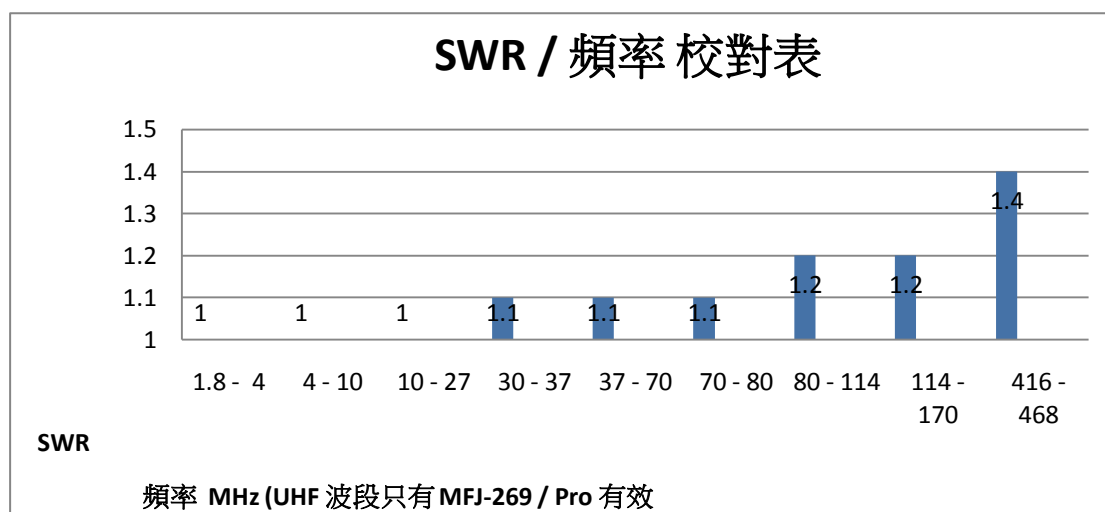
MFJ 或是 AEA 小型的掌上型因為攜帶式的天線分析器. 其 SWR, LCR, X 等等大部份的感測電路由 1.8 - 170MHz 及 UHF 波段共用, 所以不可能完全沒有誤差. 基本上, 離所設計的基準頻率越遠, 其誤差就會越大. 即使是我們常用的假負載 (Dummy Load) 也是一樣, 頻率越高其誤差越大.

高階且大型的類似儀錶內部有些擁有數十組頻率範圍獨立的電路, 程式自動在不同的頻率間切換專屬的電路再自動將讀數連接顯示, 而且擁有溫度補償裝置,

這樣條件才能完全克服這種誤差，而其價格高達數十萬就是這個緣故。

下圖是以一具 MFJ-269 連接一只 SWR 規格為在 DC 500MHz 是 1.15 以下的 Diamond DL-30 M 連接器的 Dummy Load (假負載) 加上 MJ2NP (插入失 0.1 dB) 轉換頭所量測的結果. [參閱 SWR 與天線性能相關對照表](#)

註: Dummy Load 的穩定性和材質，使用時的溫度改變，耐功率，使用環境中的磁性都有關係。



圖中可以看到 MFJ-269 裝上 Dummy Load 時，其頻率從 1.8MHz 到 30MHz 左台時，其 SWR 讀數在 1 左右。然而頻率調整越高則讀數產生的誤差就越大了。

誤差產生的原因不外乎是電路共用，其數位參數無法完全補償與 Dummy Load 和轉換接頭的品質，操作溫度等等都有關。

AEA 系列的天線分析器具



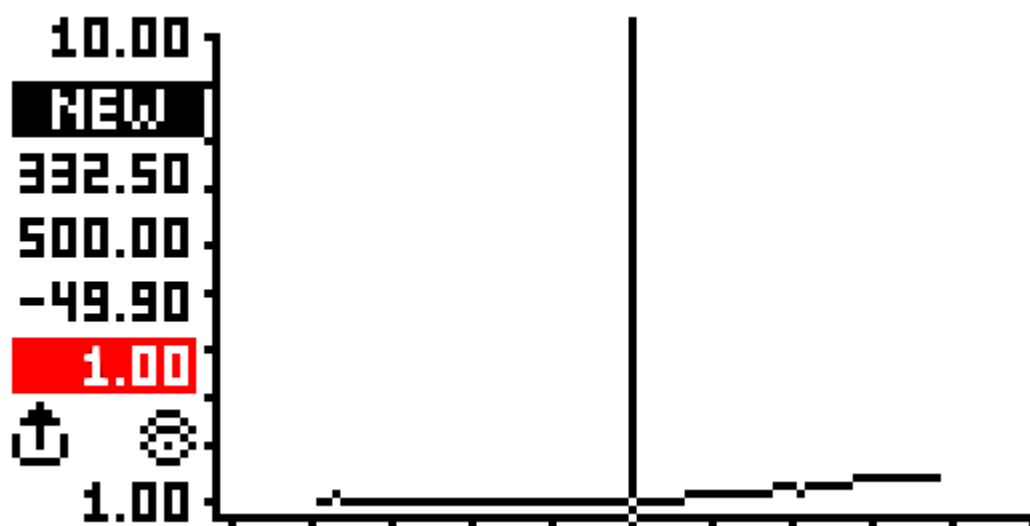
AEA 分析器的原理上一樣，但它是 PLL 迴路自動的將頻率由所設定的範圍由低至高逐一送出 (Sweep). 並逐一記錄讀數再以圖型繪出，先進許多。

相同的，頻率本身的誤差，操作溫度，電路共用的限制，也會造成類似的誤差。這是因為掌上型分析器受限於體積與製做的成本必然會遭遇到的問題。

以 140 -525 的分析器為例，它的發射功率在 135 - 425 為

+3dbm, 而 425 以上為 0dbm. 天線端的藕合器是共用的, 不管怎麼校正, 接近 500 - 525MHz 的位置 SWR 都會較高些

下圖是 AEA 140 -525 分析器安裝假負載所量測的圖型. 所以它的量測範圍為 385MHz 的頻寬, 中心頻率為 332.52MHz. 它的藕合器 (Coupler)的中心頻率會以此為基準點. 用最寬的 500MHz 可調範圍來測試, 我們可以看到其 SWR 在較低頻率的量測結果為 1.00 而到了接近上限的頻率時, SWR 就偏高了, 達到 1.46 之高.



所以用這類的分析器時, 您所需要量測的頻率位置, 不要選用規格太接近分析器

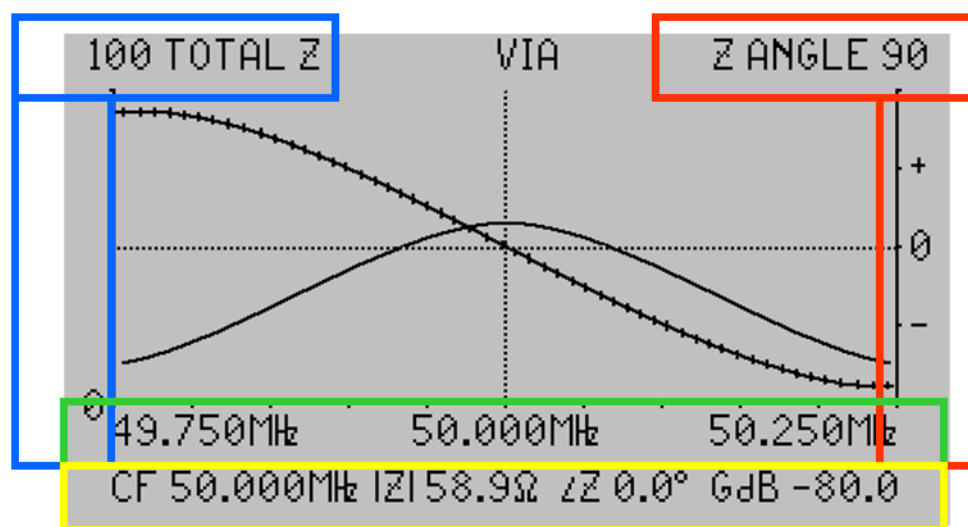
最低與最高的頻率規格。例如；要量測 523MHz 的頻率，最好選用頻率中心接近 523MHz 的機種。即 1GHz 的規格才能得到滿意的分析結果。通常頻寬越大，頻率越高的機種價格越高。

然而對有經驗的人而言，天線分析器的用途是分析一支天線的特性，充當調整的依據，地理環境對天線影響，饋線的效能等等評估。很少天線會設計可同時應用在數十 MHz 的範圍中操作的，一般而言，分析一支天線只需要幾 MHz 就可看出其表現了，在分析器的應用上，SWR 的精確度不是最重要的。在這種情況您可以先用 Dummy Load 看看您的分析器的讀數，以此為基準來量測您的天線。

分析器的設計主要還是在觀測天線在一個連續頻率中所表現出來的 SWR 曲線。而不是單一的數值。

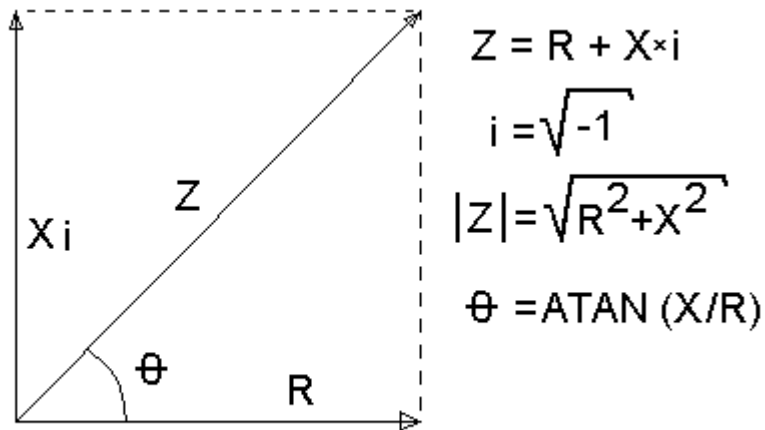
何況，影響天線的特性的還有輸入的功率等因素。建議是，要量測 SWR 的值，選用 SWR 錶，而要分析天線用分析器。

具有阻抗向量分析功能的分析器 (VIA 系列) 可提供我們天線的 SWR 與更複雜的數值：

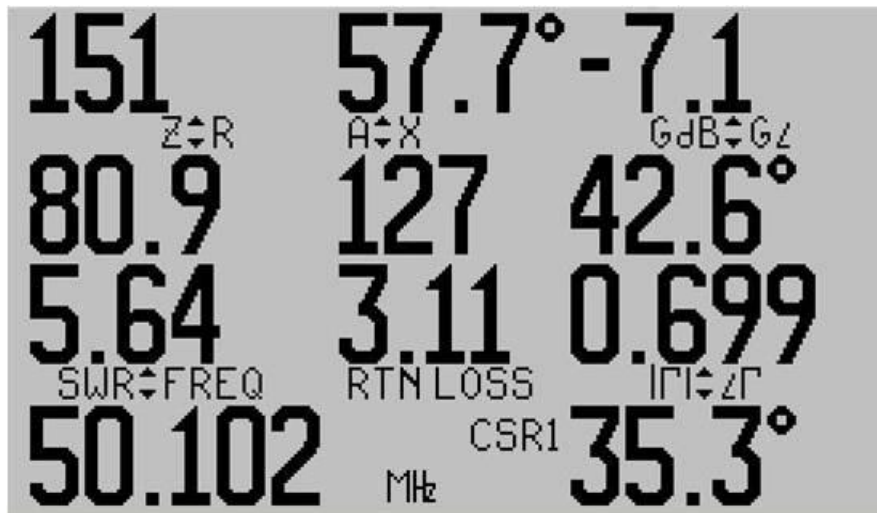


上圖是一部 VIA 分析器以中心頻率 50MHz 量測一支天線的圖型。此天線最佳的共振點為 58.9 歐姆，即細線中間部份，粗線為 θ 角， θ 為正時呈感抗，為負時呈容抗，這個點的電抗在 CF 處為純阻抗。

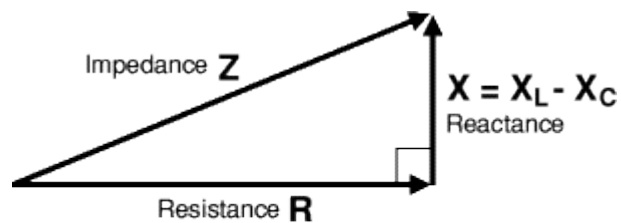
請參考下圖；



VIA 分析器的 CW 模式下的各項數值



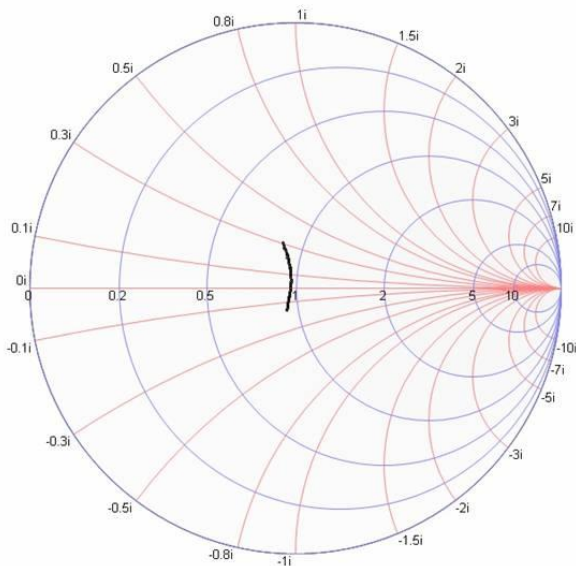
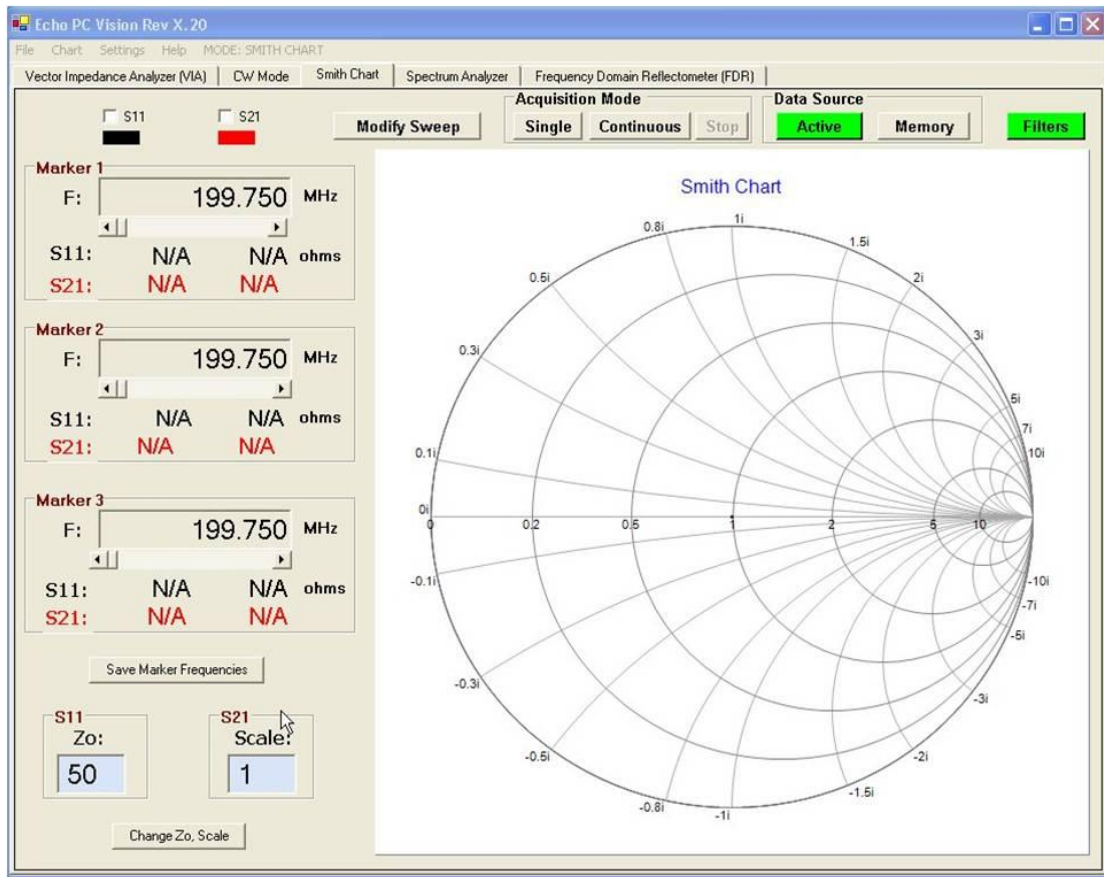
下圖中; 電阻抗為 Z , 其組成關係為 電容抗 X_C 與 電感抗 X_L



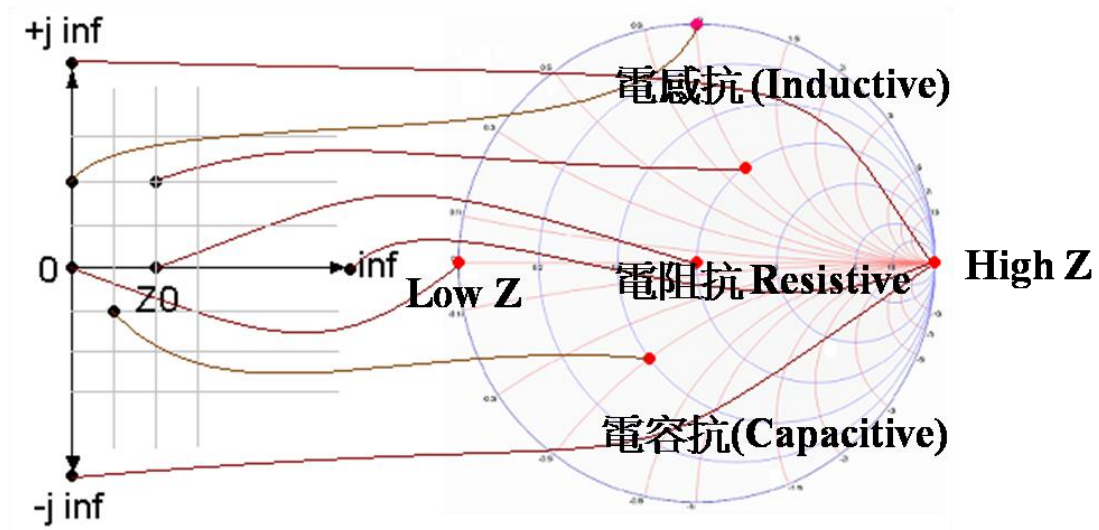
$$\text{Impedance, } Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

X = Reactance, Z = Total Impedance, R = Resistance, θ = Z Angle, and i or $j = -1$ 的平方根

數位式的分析器通常都會搭配專用的軟體供更精密的測量及文件化的報表所需以



改變供給天線的頻率，電抗從電感性向電容性移動，並使阻抗些微改變，而且共振點也些微離開掃描範圍的中心頻率處



Zo plots 的位置 - 正中心是 完美的天線系統

外界電場干擾

用 Dummy Load 應該是不會有廣播干擾的問題，但實際量測一支 HF 波段天線時，很有可能因外界強大的廣播電場而造成誤差。

若您在量測天線時，有發覺取得的數值的線性異常，或是有飄移的現象時，最可能是被強大的廣播訊號干擾了分析器。可以用分析器專用可調式 RF 濾波器設備解決之。

如 MFJ-731 是設計來消除強大的 AM 廣播訊號所造成的量測問題。

當 HF 波段天線架設於廣播電台附近，或是 RF 訊號非常強大的區域時，強大的電波由天線進入了分析器，訊號將會干擾到 SWR 天線分析器中的訊號產生器，反向的訊號折抵造成測量的數值錯誤。



其它的應用

1. 分配器 (Divider 或 Splitter) 的調整製作，以 1/2 及 1/4 波長為例。
有些時候我們會用分配器 (Power divider) 來將一支以上的天線組成陣列。最簡單的二分配器是以一個 T 型連接器連接經匹配後來連接另外兩路天線。

例: 用一個 Wilkinson 功率分配器來將兩支 15M (21Mhz) 天線堆疊成一組陣列型天線。

採用兩條 3/4 波長的 RG11, 75 ohm 的同軸電纜來匹配。

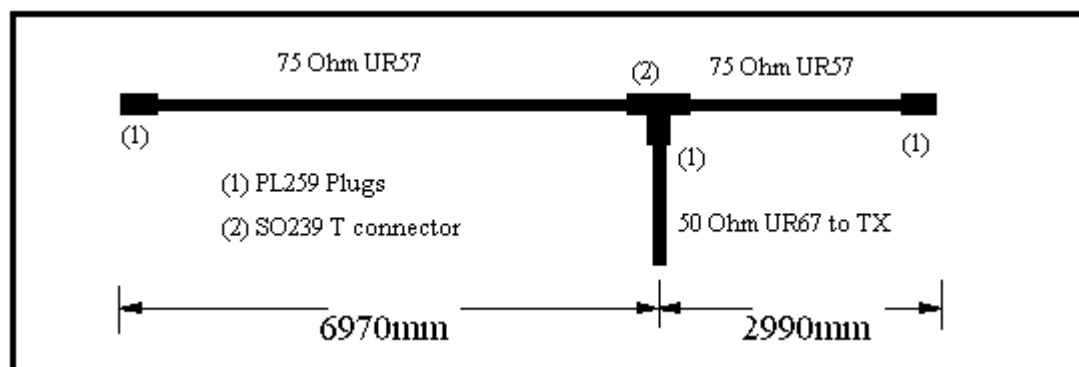
基本是可以選用 1/4 波長與 3/4 波長兩種型式或是 1 又 3/4 來當成匹配線，但因為兩支 15M 天線的最佳間距因素而必需採用 3/4 波長才夠。

另一個選擇是以 1/2 波長，再另外連接任意長的 50 ohm 同軸線延長到天線。

有些廠製品 (Cushcraft, Maspro) 的八木天線堆疊是用這種方式。也稱為

Q-Match。

下圖是一個 6M 波的分配器示意圖。為了配合天線之間的距離它的兩邊設計成不等長。



假設電纜的短縮速率為 0.6 (一般發泡的短縮率為 0.8, 聚乙烯為 0.67 左右)

21.25Mhz 之 1/4 波長的電纜長度 = $(300 / 21.25) / 4 \times 0.6 = 2.12\text{m}$

21.25Mhz 之 3/4 波長的電纜長度 = $2.12 \times 3 = 6.36\text{m}$

21.25Mhz 之 1/2 波長的電纜長度 = $(300 / 21.25) / 2 \times 0.6 = 4.235\text{m}$

由於饋線的粗細也會對短縮率產生變動，所以非用 SWR 分析無法得到精確的長度。

為了精確的取得一 3/4 波長的饋線，我們先取一段 6.5m 的 75 Ohm 的饋線，一端接上所需的連接器，如 M Type 的接頭，並如下圖一樣用 T 型接頭連接分析器。下面以一 CIA-HF 分析器為例。一端接上 50 Ohm 的假負載。再逐一的修剪饋線直到 SWR 最接近 1 為止。

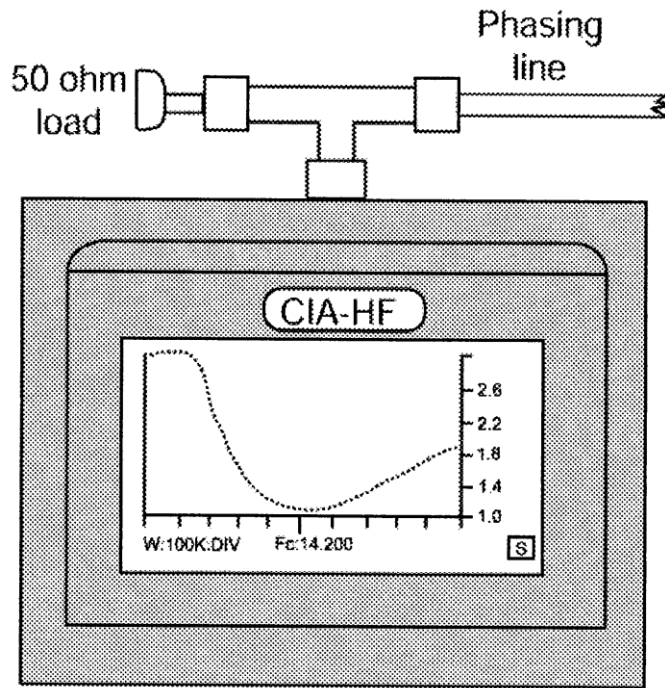


FIGURE 2. T Connector

截取 1/2 波長的方法

1. 將分析器的中心頻率設為 21.25Mhz 的倍頻, 即 42.5Mhz. (目前饋線約為 42.5Mhz 的 1.5 個波長)
2. 將可讀取一個 V 或 U 型的 SWR 曲線.
3. 若計算正確, SWR 的最低點應該在 38.25 左右.
4. 逐步修剪饋線的末端, 諧振點的曲線將隨著饋線修短而增加.
5. 隨著 SWR 逐漸降低修剪饋線直到 SWR 降到最低點.
6. 同樣的作法完成另一條饋線, 使這兩條線的 SWR 相同.

截取 1/4 波長的方法

1. 設置分析器中心頻率為 21.25Mhz.
2. 使饋線的末端短路.
3. 修剪饋線使 SWR 的最低點為此頻率.

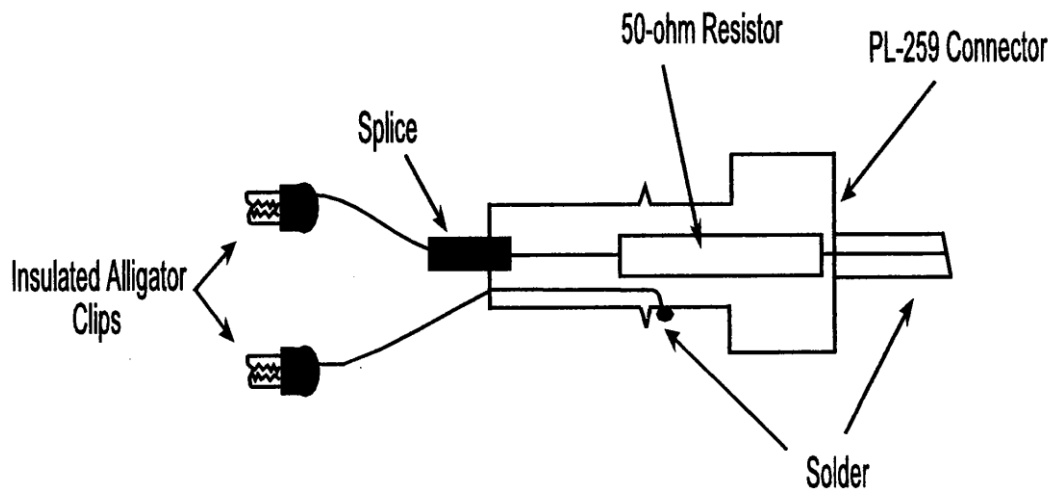
也可以用上述的方法前調整饋線取得特定頻率的角度. 例如, 修飾一傳輸線在 3.795kHz 為 21 度. 只要按程式以決定此頻率的 180 度:

$$(180/21) \times 3.795 = 32.529 \text{ MHz}$$

21 度在 3.795kHz 等同於 180 度於 32.529Mhz. 可用 1/2 波長修剪方式來調整 32.529 Mhz.

量測電感與電容

當以具有量測電抗功能分析器來量測電感與電容的應用下. 要先製造一個製具如下.



在一個適當的連接器中間焊一個精密的 50 Ohm 電阻再接上兩個鱷魚夾來即完成.

RF 反射係數, VSWR, VSWR(dB), Return Loss, 功率傳送比對照表

Voltage Reflection Coefficient 電壓反射係數 Γ	VSWR	VSWR(dB)	Return Loss(db)	傳送功率比(%)
完全匹配 0.000	1.000	0.000		100%
0.032	1.065		30	
0.035	1.074		29	
0.040	1.083		28	
0.045	1.094		27	
0.0500	1.105	0.569	26	99.75%
0.056	1.119		25	
0.063	1.135		24	

0.071	1.152		23	
0.079	1.173		22	
0.112	1.196		21	
0.100	1.222	1.743	20	99.00%
0.112	1.253		19	
0.126	1.288		18	
0.141	1.329		17	
0.150	1.353	2.626	16.48	97.75%
0.158	1.377		16	
0.178	1.433		15	
0.200	1.499		14	
0.2	1.500	3.522	13.98	96.00%
0.224	1.577		13	
0.25	1.667	4.437	12.04	93.75%
0.251	1.671		12	
0.282	1.785		11	
0.300	1.875	5.377	10.46	91.00%
0.316	1.925		10	
0.350	2.077	6.348	9.12	87.75%
0.355	2.100		9	
0.398	2.323		8	
0.400	2.333	7.360	7.96	84.00%

0.447	2.615		7	
0.450	2.636	8.420	6.94	79.75%
0.500	3.000	9.54	6.02	75.00%
0.501	3.010		6	
0.550	3.440	10.742	5.19	69.75%
0.562	3.570		5	
0.600	4.000	12.041	4.44	64.00%
0.631	4.419		4	
0.650	4.714	13.468	3.74	57.75%
0.700	5.667	15.067	3.10	51.00%
0.708	5.848		3	
0.750	7.000	16.902	2.5	43.75%
0.794	8.724		2	
0.800	9.000	19.085	1.94	36.00%
0.850	12.333	21.822	1.41	27.75%
0.891	17.391		1	
0.900	19.000	25.575	0.92	19.00%
0.95	39.000	31.821	0.45	9.75%
開路及短路	∞	∞	0.00	0.00%
1.000				