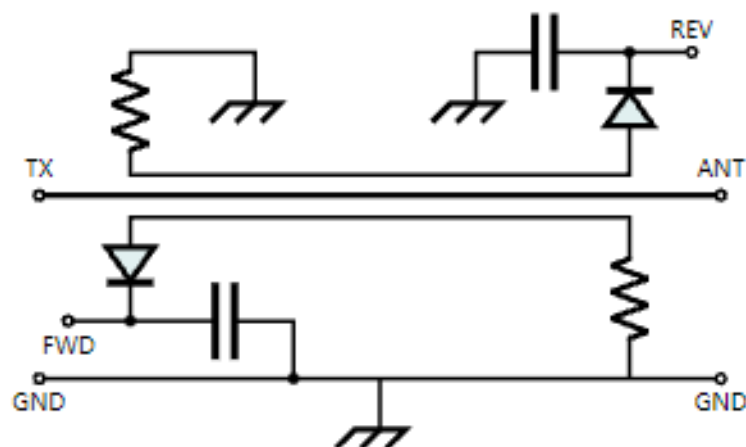


驻波比 SWR

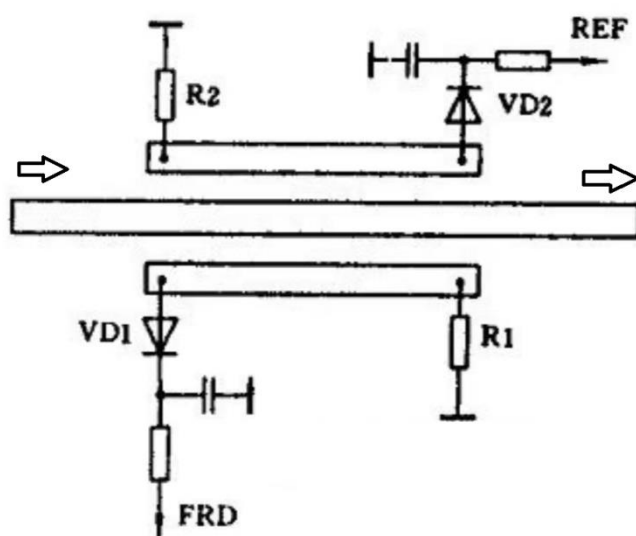
SWR 是驻波比的缩写，定义为传输线的最大 RF 电压与最小 RF 电压的比值。驻波在物理上是固定波，在微波工程中，SWR 是测量传输线负载的阻抗匹配关键。



驻波表在使用的时候一般串联在发射机与天线之间，SWR 表的工作原理如下。



VD1 用来检测正向电压，VD2 用来检测反射电压。电桥对指定阻抗的平衡是靠末端接 50 欧匹配假负载时调整 R2 值使反向表头指示为零的方法。然后将电桥反过来用同样方法调整 R1。R1 与 R2 的数值在 50~170 Ω 之间，取决于两条耦合线与中心导体的耦合程度。



在 HF 频段，由于频率低对于微带线阻抗匹配要求不高，可以用单面电路板印刷电路，但当耦合段尺寸不够大时，低频段的灵敏度就很差。在 VHF、UHF 频段采用双面电路板设计，使微带线本身的特性阻抗为 50 Ω，否则驻波表本身就不匹配，会产生大驻波比导致不能使用。

反射系数公式如下（0~1 之间的值）：

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

反射系数：反射波电压和入射波电压振幅的比值，Z_L 负载阻抗，Z₀ 输入传输线的阻抗。短路时，反射系数+1；开路时，反射系数-1。负载阻抗和输入阻抗相等时，反射系数为 0。

反射系数 $r = \sqrt{P_{反}/P_{入}}$ ，反射功率/入射功率的平方根。由此通过 SWR 值可以计算出反射系数，反射系数的平方就是反射功率与入射功率的比值。例如：

- (1) $r=0.1$ (SWR1.22)，则反射功率/入射功率为 0.01，即 1%功率损耗；
- (2) $r=0.2$ (SWR1.50)，则反射功率/入射功率为 0.04，即 4%功率损耗；
- (3) $r=0.33$ (SWR2)，则反射功率/入射功率为 0.11，即 11%功率损耗；
- (4) $r=0.5$ (SWR3.00)，则反射功率/入射功率为 0.25，即 25%功率损耗；
- (5) $r=0.6$ (SWR4.00)，则反射功率/入射功率为 0.36，即 36%功率损耗；
- (6) $r=0.7$ (SWR5.83)，则反射功率/入射功率为 0.50，即 50%功率损耗；
- (7) $r=0.9$ (SWR19.0)，则反射功率/入射功率为 0.81，即 81%功率损耗；

回波损耗公式如下（0~∞之间的值）：

$$RL(dB) = 10 \log \left(\frac{P_+}{P_-} \right) = 10 \log \left(\frac{V_+}{V_-} \right)^2 = 10 \log \left(\frac{1}{|\Gamma|^2} \right) = -20 \log |\Gamma|$$

回波损耗：入射波功率与反射波功率的比值（单位 dB）。当阻抗匹配不良时，来自源的功率没有被负载全部吸收，就会有功率反射回来，反射回来的电磁波产生的损耗叫做回波损耗。

驻波比值公式如下（1~∞之间的值）：

$$SWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

SWR 驻波值与反射功率的关系：

反射系数 (Γ)	电压驻波比(VSWR)	回波损耗 (RL) dB
0.00	1.00	∞
0.10	1.22	20.00
0.20	1.50	13.98
0.30	1.86	10.46
0.40	2.33	7.96
0.50	3.00	6.02
0.60	4.00	4.44
0.70	5.67	3.10
0.80	9.00	1.94
0.90	19.00	0.92
1.00	∞	0.00

在工程中，当 SWR=3 时，功率损耗 25%；当 SWR=2 时，功率损耗 11%；当 SWR=1.5 时，功率损耗 4%；当 SWR=1.2 时，功率损耗 1%。由此可见，在设计天线系统时，不要过分追求 SWR 值，当 SWR 值在 2 以内，一般可满足系统实际使用要求。

驻波表的调整与使用：

- 1、初调匹配负载到 $SWR = 1$ ，小的驻波反射电压很小检波死区不准。
- 2、最有效的用 $25\ \Omega$ 和 $100\ \Omega$ 的负载（两者的 $SWR=2$ ）反复调整。
- 3、用一只准确的驻波表来校准自制的驻波表，但不要采用两只表串接在一起，而应分别测量，这样可以减去因串接而引入的误差。
- 4、使用驻波表测量天馈系统应在较大输出（ $1-10W$ 左右）功率下测量才更准确。
- 5、若天馈系统为 $75\ \Omega$ ，应使用 $75\ \Omega$ 驻波表。若用 $50\ \Omega$ 的驻波表测量 $SWR = 1.5$ 才正确。
- 6、有些测量射频功率的功率计，如鸟牌功率计可以把鸟蛋反向，然后出反向功率，鸟蛋正向测量出正向功率，然后通过公司计算 SWR 值。

$$SWR = \frac{1 + \sqrt{P_r/P_f}}{1 - \sqrt{P_r/P_f}}$$

其中： P_r 为反向功率， P_f 为正向功率。

- 7、设计大功率发射天线时，天线分析仪的输出功率小，测试完成的数据未必精确。实际制作好的天线最好在中功率环境（ $1\sim 10$ 瓦）下用通过式功率计测量正向功率及反向功率，再次计算 SWR ，反复调试确认无问题后再加载大功率 $1KW$ 级别的发射机。