

白皮书

光纤链路中动态范围的重要性

作者

ViaLite Communications 设计并制造射频光纤链路，是卫星通信终端设备的市场领导者。我们的产品开发计划已促进 **ViaLiteHD**（高密度）的发展，该产品改进用户功能，并将最大限度地减少设备占地面积。

简介：为什么光纤链路的动态范围如此重要？

传统的卫星转发器的带宽是 36 MHz，射频光纤链路的无杂散动态范围（SFDR）不太重要。超宽动态范围光纤链路凭借同一产品可用于上下链路的功能曾经是“有则更佳”的产品。然而，随着高通量卫星（HTS）使用带宽为 500 或 800MHz 的转发器，信号量急剧增加，对动态范围的要求也越来越高。这迫使超宽动态范围光纤链路成为了传输 HTS 信号的“必用产品”。

在本文中，我们对使用 HTS 信号获得的 SFDR（无杂散动态范围）和实际动态范围进行比较，并演示为何卫星传输端口使用的射频光纤链路对于 500 MHz 宽信号的 SFDR（无杂散动态范围）应为 110 dB/Hz^{2/3} 或更佳值。

随着卫星产业朝着增加移动数据容量的方向发展，通过使用新卫星和更宽的信道带宽以及对更高链路动态范围的需求也都随之增加。

计算无杂散动态范围

SFDR（无杂散动态范围）是光纤链路动态范围的测量值，该值大小与 1 Hz 的带宽有关 - 但由于大多数信号的带宽都大大超出 1 Hz，所以可以不用考虑。

要计算 SFDR（无杂散动态范围），必须使用热噪声层（kTB）、噪声系数（nf）和三阶交调截取点（IP3）。

热噪声层为 -174 dBm/Hz。

噪声系数是由光纤链路引起的信噪比（SNR）下降，是链路设计的产物 - 通常在供应商的数据中与 P1dB 一起进行说明，这便于计算 SFDR（无杂散动态范围）。

1dB 压缩点(P1dB)是指增益从其小信号值下降 1dB 时的功率水平。

三阶交调截取点或 IP3 是三阶失真信号幅度等于输入信号的理论点。在光纤链路中，这通常比 P1dB 高 12 dB。SFDR（无杂散动态范围）的计算公式如下：

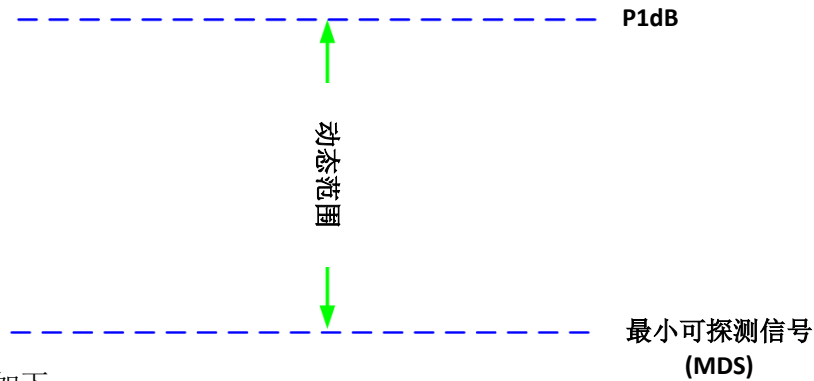
$$\text{SFDR (无杂散动态范围)} = 2/3 [(P1dB+12) - (\text{热噪声层} + \text{链路噪声系数}(nf))]$$

$$\text{ViaLite SFDR (无杂散动态范围)} = 2/3 (-1+12) - (-174+20) = 110 \text{ dB/Hz } 2/3$$

因此，当考虑动态范围时，SFDR（无杂散动态范围）受光纤链路的 P1dB 和 nf 的影响，并且是比较光纤链路性能的一个重要指标。

动态范围

动态范围(DR)是在给定的流量带宽下, 可以通过链路发送的最小信号与最大信号的差值。通常假设最小可检测信号(MDS)刚好高于系统噪声的下限, 而最大信号电平是无失真的最大峰值功率。动态范围与增益或噪声系数不同, 无法通过对其放大而提升, 但可移动窗口以适应更高或更低的信号。



MDS 的计算公式如下:

$$\text{MDS} = \text{热噪声层} + 10\log[\text{流量带宽 (赫兹)}] + \text{链路噪声系数}$$

通常, 高通量卫星 (HTS) 的流量带宽 (BW) 为 500 Mhz 或 800 MHz。用于 500 Mhz 带宽的 **ViaLite** MDS 如下所示:

$$\text{适用于 500 MHz BW 的 ViaLite MDS} = -174 + (10\log(500 \times 10^6)) + 20 = -67 \text{ dBm}$$

P1dB、最小可检测信号和动态范围

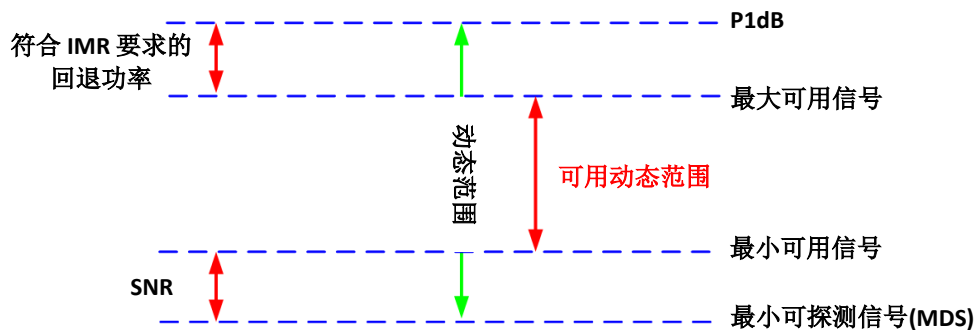
如上所述, 动态范围是 MDS 和 P1dB 的差值。因此, 对于流量带宽为 500 MHz 的 **ViaLite** 光纤链路, 动态范围为:

$$\text{DR} = \text{P1dB} - \text{MDS}$$

$$\text{ViaLite DR} = -1 \text{ dBm} - (-67 \text{ dBm}) = 66 \text{ dB}$$

上述的动态范围不考虑任何信噪比 (SNR) 或任何回退功率 (降低信号功率), 以满足高阶调制方案的互调比 (IMR) 要求。这些要求通常是客户或应用特定的, 但都需要考虑在内 - 特别是光纤链路的动态范围狭窄时更要考虑。

为了计算实际可用动态范围, 需要将信噪比 (dB) 添加到 MDS 中, 并确保在最大输入信号下不会发生失真, 并且可能根据 IMR 规格降低信号电平 - 这样就进一步降低了可用范围。



如果采用 40 dBc 的典型 IMR, 则最大信号将减小 8 dB, 如采用 20 dB 的典型信噪比, 则最小输入信号将增加 20 dB, 如下所示:

$$\text{可用 DR} = (\text{P1dB} - \text{回退功率}) - (\text{MDS} + \text{SNR})$$

$$\text{ViaLite DR} = (-1 \text{ dBm} - 8 \text{ dB}) - (-67 \text{ dBm} + 20 \text{ dB}) = 38 \text{ dB} \text{ (可用范围-最大-9 dBm 至最小 -47 dBm)}$$

下表列出了不同品牌光纤链路产品的 SFDR（无杂散动态范围）的动态范围/可用动态范围的对比结果。

	ViaLiteHD HWDR S2	ViaLite	品牌 D	品牌 E	品牌 F
SFDR（无杂散动态范围）	115	110	107	100	88
500 MHz 的 DR*	73.3 dB	65.8 dB	61.3 dB	50.8 dB	32.8 dB
DR 满足 20dB 信噪比和 40 dBc IMR 的要求**	45.3 dB	37.8 dB (-46.8 至 -9 dBm)	33.3 dB	22.8 dB (-40.8 至 -18 dBm)	4.8 dB (-24 至 -28.8 dBm)

* 使用 -173.8dB/Hz 的 kTB

** 在 800 MHz 和全频段（1500 MHz）时，动态范围分别窄 2 dB 和 5 dB

这对 HTS 地面站的射频光纤链路意味着什么？

HTS 卫星使用更多带宽，这就需要使用动态范围更高的射频光纤链路。SFDR（无杂散动态范围）为 100 dB/Hz 2/3 或更低的光纤链路很难或无法用于 HTS 应用。

ViaLiteHD L-Band HTS 超宽动态范围（HWDR）链路专为需要更大动态范围的用户而设计。系列 2（S2）的 SFDR（无杂散动态范围）比标准的 **ViaLite** 产品高出 5 dB/Hz。对于 500 MHz、800 MHz、甚至达到 1500 MHz 的高通量卫星（HTS）转发器的带宽，SFDR（无杂散动态范围）可增加 5 dB 动态范围。这样客户可以提高互调性能，从而可以检测到更微弱信号，这在 HTS 应用中至关重要。



有关具体动态范围要求或计算的更多信息，请发送电子邮件至 technicalsupport@vialite.com，与 **ViaLite Communications** 取得联系。