

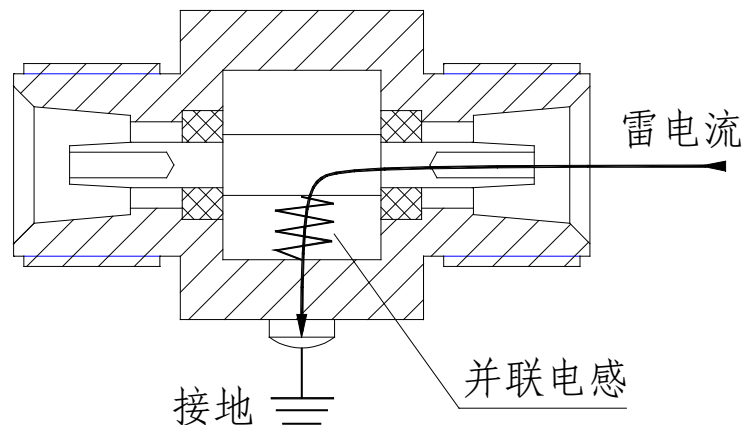
高频信号防雷保护器的发展及应用

随着全球通讯技术的飞速发展,通信设备已遍布人类生活的每一个角落,广播、电视、寻呼机、手机、雷达和各种无线电台及接收机等已成为人们生活中不可缺少的一部分。从古至今雷电是一种自然灾害,目前在全球各种无线通信领域,由它所造成的通信中断事故日趋严重,轻则使通信中断、通信设施或设备损坏,重则危及工作人身安全、引起火灾事故。因此现在各通信设备使用单位对通信设备的防雷工作也越来越重视,国家各部门新发布的标准也提高了对防雷工作的要求。

高频信号防雷保护器(俗称天馈避雷器)主要用于各种无线通信设备天馈部分的防雷保护,目前研究实验结果表明,从天馈线上雷电入侵的方式主要是感应雷电流,感应雷电流的最大值一般不超过二十千安培,如果发生雷电绕击情况,室外天线遭受直击雷侧击的小概率事件也有可能出现,一般工程中大多不考虑此类情况。

随着现代通讯技术的不断发展和人类对雷电现象的持续研究,高频信号防雷保护器也在快速的发展,高频防雷保护器的种类也多种多样,目前市场上流行的高频信号防雷保护器按保护基本原理来区分主要有并联电感型、并联气体放电管型、四分之一波长短路型三大类。

并联电感型高频信号防雷保护器是最早出现的天馈避雷器,有许多科技人员对雷电流的大小、波形、能量频谱分布进行了分析研究,由于雷电流的能量频谱分量的频率主要在 1MHz 以下,所以在防雷保护器内部腔体的芯、壳之间并联一只或数只小电感线圈,保护器外壳接地。利用并联的电感与保护器本身的腔体电容构成并联谐振回路,保护器工作带宽可以做到数百 MHz 以上(插入损耗 $\leq -0.2\text{dB}$;驻波比 ≤ 1.2),同时使低频的雷电流通过并联电感对地泄放,通信设备的正常工作信号由于并联谐振回路的作用而使信号损耗和反射为最小,使保护器起到防雷作用,产品的原理结构见下示意图:



并联电感型高频信号防雷保护器原理结构示意图

为了降低产品在雷电冲击电流下的残压,实际产品中并联电感的电感量一般不超过 0.5 μH ,在雷电流冲击下的残压主要由射频接头的内外导体接触电阻 ($U=IR$) 和并联电感的电感量 ($U = L \frac{di}{dt}$) 决定,所以冲击残压比较低(10KA 时残压为 200V 左右),大多数产品的额定通流容量可达到或超过 10KA (8/20 μs)。此类保护器成本低,产品

F.Telcom Co., Ltd.

421 Wonchun-Dong, Paldal-Gu, Suwon-City, Kyungki-Do, Korea 442-823

TEL : 82-31-205-6078 FAX : 82-31-205-6079 Contact Person: Andy Sun

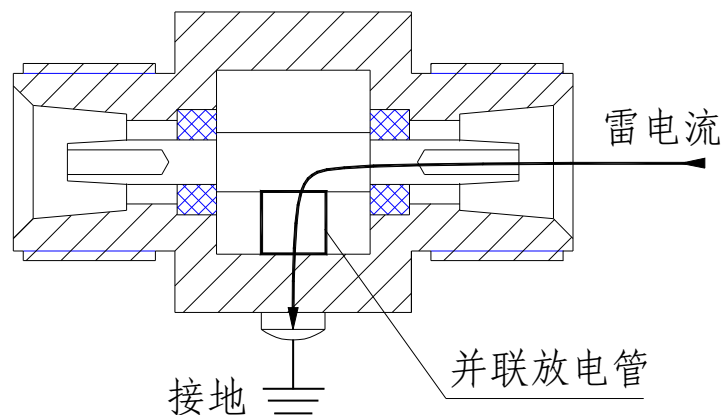
<http://www.ftelcom.com>

E-mail: sales@ftelcom.co.kr

结构简单，响应时间快，通过改变并联电感的电感量可广泛用于工作频率大于 70MHz 的各种无线通信设备，国内外各防雷产品生产厂商以前都曾经生产过这类产品。随着通信技术的发展，现在许多通信设备需要对室外单元进行内馈供电，并联电感型防雷保护器也相应进行了技术改进，通过采用微带技术等手段、增加放电管和电压箝位等防雷元件使保护器成为一种可通内馈电源并具有高频带通滤波特性的产品，使内馈电源不被保护器短路的同时又可进行感应雷保护，从而不影响通信设备正常工作。

并联电感型高频信号防雷保护器的出现对高频信号的防雷做出了重要贡献，其冲击残压低；价格便宜，使许多通信设备免遭由天线入侵的感应雷电流危害。但其缺点也是比较明显的，由于并联电感采用铜丝绕制，当雷电流通过电感线圈泄放时，强大的电磁力将使线圈严重变形，改变了电感量或使电感损坏，从而造成保护器传高频输性能下降或损坏，该产品损坏的随机性和不可维护性使生产厂家面临许多售后服务工作，也会给用户带来通信中断的问题。目前此类产品的市场占有率快速缩小，逐步将被其它类型防雷保护器产品取代。

并联气体放电管型高频信号防雷保护器 是目前市场上流行最广的宽频带低价天馈避雷器，它最早应用于广播电台的发射天线端口上，由于广播电台天线工作频率很低；工作的峰值电压很高；天线又大多处于空旷地区易遭到雷击，所以普遍都采用铜球放电间隙进行雷电防护。随着通信信号频率的升高，同轴传输电缆的大量应用，并联放电管型高频信号防雷保护器开始进入市场，保护器内部做成同轴腔体形式，采用气体放电管并联于保护器内部芯线与腔体外壳之间，产品外壳接地，当同轴电缆芯皮之间受感应雷感应有过高的差模电压时气体放电管的动作，将雷电流泄放入地，放电管动作电压的选择由保护器实际传输的功率决定，产品的原理结构见下示意图：



并联放电管型高频信号防雷保护器原理结构示意图

并联放电管型高频信号防雷保护器在正常工作状态时气体放电管可等效为一只小电容，通过减小保护器内部腔体的等效电容可使保护器对高频信号传输的影响降到最小值，目前最好的此类保护器工作频率上限值已做到 3GHz（插入损耗 $\leq -0.3\text{dB}$ ；驻波比 ≤ 1.2 ），这种

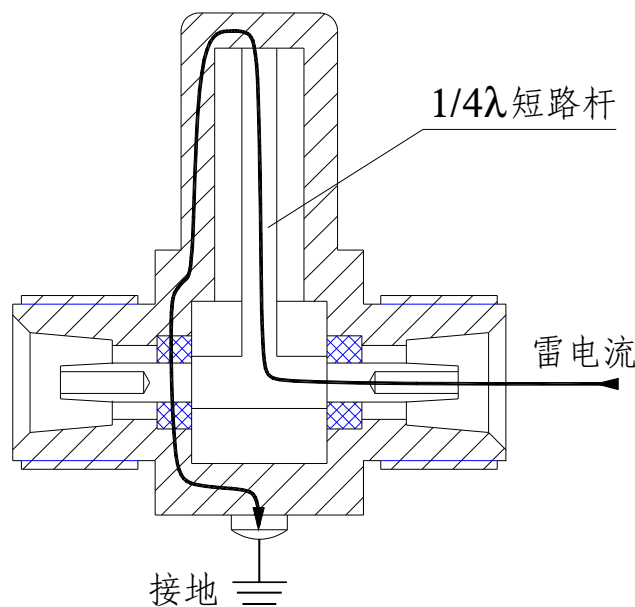
保护器可以基本满足各种通信设备进行感应雷电防护。实际产品在雷电流冲击下的残压主要由射频接头的内外导体及其它各连接点的接触电阻 ($U=IR$) 和并联放电管的冲击残压 (放电管的弧压降约几十伏) 决定, 所以冲击残压比较低 (10KA 时残压为 200V 左右), 产品的额定通流容量可达 10KA (8/20us)。

并联放电管型高频信号防雷保护器在实际使用中遇到许多问题, 由于内部并联的放电管破坏了信号传输腔体内的同轴传输特性, 随着通信设备工作频率的升高保护器本身带来的插入损耗是无法避免的, 当设备输出功率大于 100W 时, 保护器的外壳温度将明显高于室温, 当设备工作频率大于 2GHz 或额定输出功率大于 400W 时, 这种类型的保护器将不推荐使用, 此类保护器在通信设备频率较高时一般只用于接收机天线端口。由于气体放电管的额定通流容量仅有 5-10KA (8/20us), 当放电管经过多次雷电流冲击后, 其放电特性将发生变化, 所以保护器使用一段时间后需将放电管进行更换, 给用户带来不必要的麻烦。

四分之一波长短路型高频信号防雷保护器 是目前市场上大力推广的天馈避雷器，该防雷理论由国外厂家提出后，国内外防雷厂家同时进行产品开发，现在国内名牌防雷产品生产厂家的这种产品的各项性能与国外名牌产品相比毫不逊色，在适应国情方面甚至超过了国外产品。

四分之一波长短路型高频信号防雷保护器采用 $1/4\lambda$ 短路原理，保护器内部做成同轴腔体形式，将一段短导线并联在同轴传输线上，一端接芯线一端接地，其长度通过精确计算等于传输信号波长的四分之一，工作频率为 900MHz 的产品中 $1/4\lambda$ 短路线长度为 83.3mm；1800MHz 的产品中 $1/4\lambda$ 短路线长度为 41.7mm，理论上当短路线长度为 $1/4\lambda$ 的奇数倍时短路点上波阻抗为无穷大，相当于一个并联谐振电路，此时短路接地点对设备传输的工作信号功率衰减为零（ $P=U^2 \cos \theta / Z$ θ 为 90° 、 Z 为阻抗），对于雷电流来说则相当于用 $1/4\lambda$ 长度的金属导体直接对地短路来进行雷电防护，保护器产品原理结构见下示意图：

四分之一波长型
防雷保护器原理
结构示意图



四分之一波长短路型高频信号防雷保护器的理论工作频带宽度为中心频率的 $\pm 10\%$ （驻波比 ≤ 1.1 ），实际产品中由于考虑到产品的生产可靠性和防雷安全特性，实际工作频带宽度往往只略大于中心频率的 $\pm 5\%$ （驻波比 ≤ 1.1 ）。保护器内部的各个腔体均按标准同轴结构设计，所以产品的插入损耗 $\leq -0.1\text{dB}$ ，保护器的传输功率可到1000W以上，只要内部结构设计合理，机加工精度能够保证，四分之一波长短路型防雷保护器的频率上限完全可做到5GHz以上。

四分之一波长短路型高频信号防雷保护器在目前的通信领域中应用越来越广泛，其优点十分明显：该产品无易损器件和材料，产品出厂后免于后期维护，可使用于各种无人职守的通信基站；产品的雷电泄流通路均由金属棒或金属壳体构成，响应时间快，雷电流通流量大，保护器可经常承受100KA（8/20us）以上的雷电流，只要产品设计合理，经过雷电冲击后产品不会损坏；冲击电流下的残压低，在雷电流冲击下的残压主要由射频接头的内外导体及内部各连接点的接触电阻（ $U=IR$ ）和四分之一波长短路线和金属壳体的自身电阻（ $U=IR$ ）及自身电感的电感量（ $U=L\frac{di}{dt}$ ）决定，冲击电流为30KA（8/20us）时残压为200V左右。

随着通信技术的不断发展，通信设备的防雷技术也在不断更新，防雷技术人员在为通信设备开发配套防雷产品的同时，对雷电的研究和新的防雷技术的探索也在持续展开。雷电防护是一个整体的系统工程，仅靠防雷保护器进行雷电防护是远远不够的，只有通过提高人们

的防雷意识，加强对防雷工程的整体设计、施工和管理维护，从全方位阻止雷电的入侵，防止雷电对人类生活构成危害，把雷击造成的损失降到最低。