

“隔离+浮地”

Application of “Isolation & Floating ground” Lightning Protection Technology in Small Communication Facilities

防雷新技术在小型通信设施的应用

陈强¹,唐余兵²,刘吉克¹,牛年增¹,祁征¹(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007;2. 中兴通讯股份有限公司,广东 深圳 518000)

Chen Qiang¹,Tang Yubing²,Liu Jike¹,Niu Nianzeng¹,Qi Zheng¹(1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd. Zhengzhou Branch,Zhengzhou 450007,China;2. ZTE Corporation,Shenzhen 518000,China)

摘要:

随着无线接入网设备和网络终端设备的小型化趋势,大量设备放置在普通用户楼宇内或者公共设施等非典型电信设施环境中。如果按照传统防雷接地及电气安全要求,存在施工难度大、工程造价高、管理维护复杂、影响工期等诸多问题。针对小型通信设施功率小、体积小、遭受直击雷风险低等特点,提出了“隔离+浮地”的防雷新技术,采用防雷隔离变压器、加强绝缘措施等方式将雷电过电压隔离在系统之外,具有工程投资小、施工和维护简单、无需设置地网等特点。

关键词:

小型通信设施;防雷;隔离;浮地;电气安全

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2019.12.015

文章编号: 1007-3043(2019)12-0074-05

中图分类号: TU856

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

With the trend of miniaturization of wireless access network equipment and network terminal equipment, many telecommunication equipments are installed in customer premises or public facilities with non-standardization circumstances. According to the traditional requirements of lightning protection, grounding and electrical safety, there are many problems, such as difficult construction, high project cost, complex management and maintenance, affecting the construction period and so on. According to the characteristics of small communication facilities, such as small power, small volume and low risk of direct lightning, it presents a new method of “isolation & floating ground” for the lightning protection of small communication facilities. This method uses lightning isolation transformer(LIT) and other insulation enhancement measures to isolate overvoltage out of system. It has the advantages of low-cost construction, simple installation and maintenance, no need to set up a ground network, and so on.

Keywords:

Small communication facilities; Lightning protection; Isolation; Floating ground; Electrical safety

引用格式: 陈强,唐余兵,刘吉克,等. “隔离+浮地”防雷新技术在小型通信设施的应用[J]. 邮电设计技术, 2019(12): 74-78.

0 前言

中讯邮电咨询设计院有限公司为了解决中国联通宽带接入网点大量遭受雷击损坏的问题,从2013年开始先后组织了《宽带接入网点的防雷与接地研究》、《隔离+浮地防雷新技术在宽带接入网点的应用》等多个研究项目,针对宽带接入网设备功率小、体积小、遭受直击雷风险低等特点,创新性提出了无需设置地网和接地的“隔离+浮地”防雷新技术,研制了高性能电源防雷隔离变压器,解决了接地实施困难站点的防雷

和电气安全问题,并进行了大范围试点应用,取得了很好的防雷效果和经济效益。鉴于该项新技术在小型通信设施,特别是在即将建设的5G基站有很大应用空间,中讯邮电咨询设计院有限公司联合中国联通牵头立项并编制了一批国内外标准,推动相关技术发展并应用于小型化基站领域。

1 小型通信设施应用传统防雷方式存在的问题

1.1 应用传统防雷方式存在的问题

传统的防雷方式,即采用压敏电阻、放电管、瞬态抑制二极管等防雷保护器件将雷电能量泄放入地,并将差模、共模以及端口之间的过电压降低到设备可以

收稿日期: 2019-09-09

承受的水平。以宽带接入网点为例,其典型线缆连接及防雷器配置如图1所示。

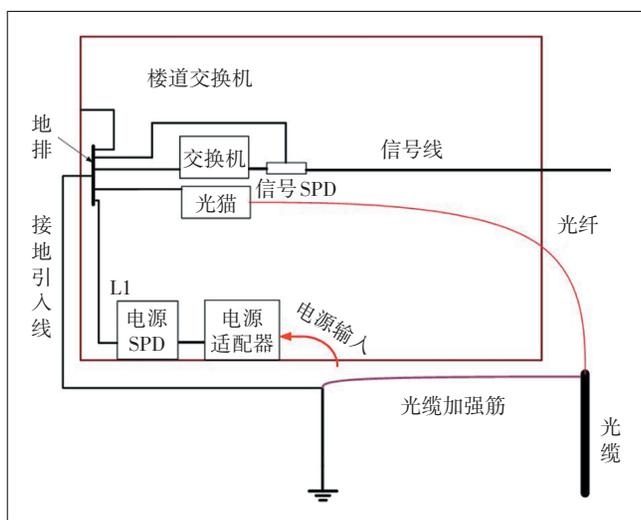


图1 传统防雷方式典型线缆连接及防雷器配置

这种传统的防雷方式应用比较成熟,由于需要可靠的地网作为泄放通道(一些设备制造商要求地阻不大于 $10\ \Omega$),但在老旧用户楼宇内或者公共设施(路灯杆、电线杆等)等非典型电信设施环境中,其在地网施工、维护等很多方面都存在很大的困难,下面诸多问题在实际工程建设和维护工作中经常发生。

- a) 运营商要求快速隐蔽建设基站(例如周围用户担忧辐射问题)。
- b) 用户不允许敲楼柱钢筋作为接地引接点。
- c) 站点周围没有空地来做地网。
- d) 由于地方非常有限所做地网面积很小或接地电阻较大,不能满足要求。
- e) 地网与接入网点距离过远导致接地引接线过长。
- f) 接地引接线经常被盗。
- g) 由于生活污水、垃圾等原因地网腐蚀过快。

上述问题实际上大面积存在,导致小型站点的地网施工成为最为困难的工程环节。而从调研的情况来看,这些站点的地网绝大部分不合格甚至站点不接地。而且,地网建设以及运行维护管理也是一笔不小的成本支出,还会严重影响站点建设开通速度。

另外,还有很多站点简单地连接到上一级配电箱的地排上,而民用三芯电源线中PE线实际工程施工中基本未接地处理。带PE地线的三芯电源屏蔽线,其中PE线能否接地也与居民建筑配电箱接地情况和工程施工情况有关。有的建筑物内配电箱没有接地,导致

RRU供电端PE线也无法接地;供电线经过两极空开后,PE线也未接地;供电直接从低压架空线接入,无法接PE线等。这些都导致了电源线中的PE线实际无法保障可靠接地。

1.2 未来5G基站建设面临的问题

由于未来5G网络移动数据流量的爆炸式增长,增加低功率节点数量,是保证未来5G网络支持1000倍流量增长的核心技术之一。因此,超密集异构网络成为未来5G网络提高数据流量的关键技术。未来无线网络将部署超过现有站点10倍以上的各种无线节点,其中大部分以小基站为主,而且布署在各种复杂的应用场景。承担无线接入功能的各类基站预计占到总投资的60%~70%。因此,对于运营商来说,如何高效、快速、经济地布点是未来5G基站建设面临的一个非常重要的问题。而传统防雷方式在很多应用场景显然无法满足上述需求。

通信设备安全风险与设备供配电制式、设备类型、系统接地电阻等强有关。根据外场工程调研情况,通信设备供电基本为TT或TN系统,II类或III类通信设备不存在安全风险,但I类设备在TT系统应用存在较大安全风险。在TT系统供电下,接地电阻小于 $1.18\ \Omega$ 才能保证人身安全, $1\ \Omega$ 左右的接地电阻,施工难度大,成本高。此外,基于外场配电实际情况,TN系统常常因为不接三芯地线而成为TT系统。同时,TN系统内的用电设备需要保证等电位联结,以防止“接地故障电压沿PE线传导”的问题,但通信设备往往无法在同一TN供电系统内达到这个条件。因此,I类通信设备在TT系统(或不接地线的TN系统)供电下需要考虑电击风险。

因此,对于未来5G网络小型站点基础设施建设领域所面对的接地问题,一方面是超大规模和快速布点的建设需求,另一方面是由此带来的防雷和电气安全风险隐患,如何兼顾二者是一个迫切需要考虑的问题。

2 “隔离+浮地”防雷新技术简介

2.1 雷电引入渠道

小型通信设施一般安装在普通用户楼宇内或者城市公共设施(路灯杆、电线杆等)上,其外部引入线包括电源线、信号线(光缆或者5类线等),这些线缆的架设高度较低,一般不易遭受直击雷,其主要的雷击风险源为附近的雷击在电源线和信号线上产生的雷电电磁脉冲感应,虽然影响范围广,但是产生的雷电过电压和过

电流幅值有限。

这些感应的雷电过电压沿着线缆传递到设备端口形成共模过电压(电源、信号线对地之间过电压)和外部端口间过电压(电源与信号线之间过电压),当过电压幅值超过设备耐受水平时,将造成设备损坏。

2.2 基本原理

“隔离+浮地”保护方式是针对宽带接入网设备功率小、体积小、遭受直击雷风险低等特点而制定的,其通过采用高强度电源防雷隔离变压器、绝缘措施(浮地)等方式提升电源端口、信号端口和接地端口之间的绝缘强度,对于设备而言,只要隔离变压器和绝缘措施不被击穿,设备就不会发生绝缘闪络损坏(见图2)。根据相关研究及统计,30 kV以上的冲击绝缘强度保证设备在绝大多数感应雷电过电压的情况下不会发生击穿损坏。同时,防雷隔离变压器输出侧中性点不接地,机箱内设备做好等电位连接,在设备发生单相接地短路故障时,机箱和设备外壳不会带上危险电压,因此保证了设备没有接地线时的电气安全,该电气保护方式也是IEC 60364(GB 16895)中推荐的一种电气安全保护措施。

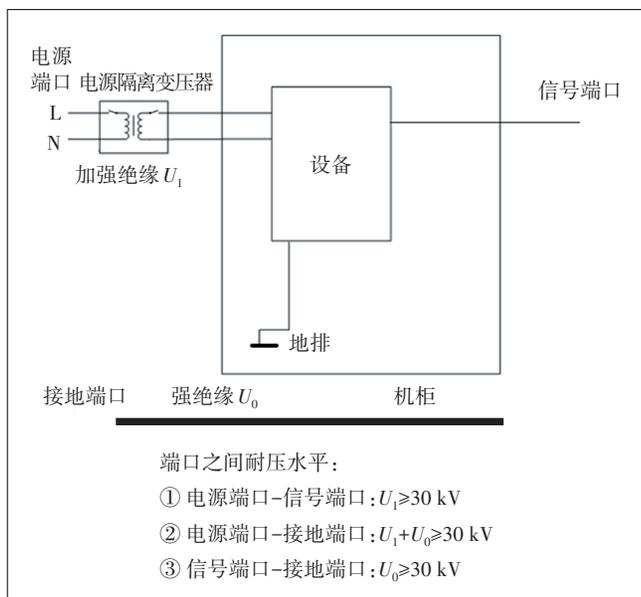


图2 隔离+浮地保护方式示意图

该保护方式的最大优点在于不用专设地网和接地,因此避免了在居民楼宇等环境下寻找可靠接地而导致的施工困难、投资大等问题,整体工程成本很低,施工和维护也比较简单,因此特别适合于在用户楼宇等不便于接地的场所使用。

另外,采用隔离方式能够避免雷电感应较强的电

源端口对信号端口的影响。一般而言,沿电源线感应的雷电能量远高于信号端口。当采用传统防雷方式时,如果设备接地条件较差(地网接地电阻高或者接地线过长,大于10 m),就会有较大雷电流从信号端口沿信号线分流到远端地网(见图3)。由于信号端口普遍防护能力弱,因此容易造成信号端口损坏。当采用隔离浮地方式时,防雷隔离变压器阻隔了主要雷电流通道并且不受接地条件影响,因此消除了对信号端口的干扰影响(见图4)。

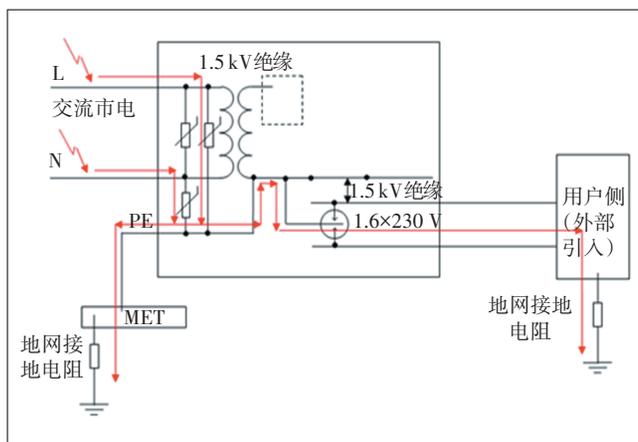


图3 传统方式下市电侧引入浪涌由于接地不良对信号侧产生干扰影响

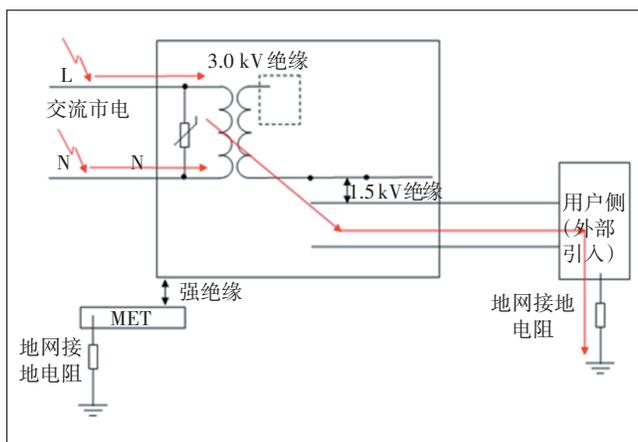


图4 隔离浮地方式下市电侧引入浪涌由于隔离避免对信号侧产生干扰影响

对于较大的系统(例如基站、交换局),由于引入线缆较多,而且系统整体保证绝缘非常困难;对于直击雷风险较高的系统(例如基站),需要大幅度提高绝缘耐压水平,会导致成本大幅度提升;对于功率较大的系统,需要较大容量的隔离变压器,也会提高成本和占用机房面积。因此,这种方式最适用于功率小、体积小、遭受直击雷风险低的站点。

用隔离变压器作为电气隔离对电击接触风险是一种有效的措施,图5给出了典型原理。由于隔离变压器输出次级是浮地的,当发生单相接地故障的时候,由于没有低阻抗故障回路,通过人体的故障电压非常低从而避免电击。当L/N同时发生接地故障的时候,故障回路的大电流将会触发短路或过载保护,避免持续短路引起的起火风险等。

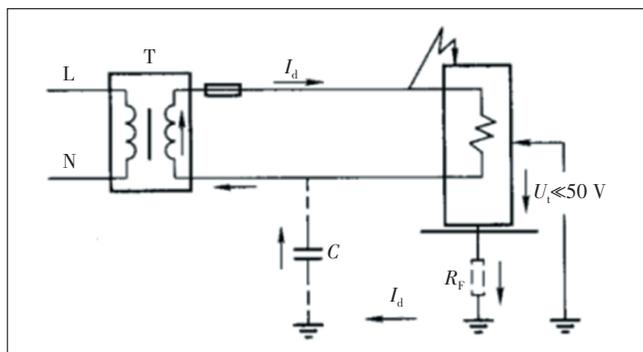


图5 隔离变压器典型应用拓扑

2.3 防雷隔离变压器的关键防雷技术指标

电源防雷隔离变压器是“隔离+浮地”保护方式的关键保护器件,其除了普通隔离变压器的相关电性能指标外,其防雷相关指标对于整个防雷性能至关重要。表1列举了电源防雷隔离变压器的关键技术指标,其他相关要求限于篇幅暂不作介绍。

3 新技术应用及标准化情况

3.1 在宽带接入网点的应用

3.1.1 应用概况

宽带交换机、EPON等宽带接入网点是雷电灾害

的重灾区,很多省份年雷击损失率达15%以上,经常由于一个雷击造成一大片网点故障,造成大量用户投诉,严重影响宽带业务的安全性。

中讯邮电咨询设计院有限公司于2013年开始在6个雷击严重省份选择了6650个典型站点进行试点,运行2年仅有6个站点防雷隔离变压器被雷击损坏。截至目前,已在8个省份近4万个站点应用了该技术,均反映大幅降低了雷击损坏率。以湖北黄石为例,其27个乡镇中14个乡镇属雷电频发区,一到雷雨天气,宽带接入网点经常大面积损坏,由于雷击造成的用户投诉占比都在55%上。在采用该技术后,消除了雷雨天气大面积损坏现象,网络质量大幅提升。另外,在福建省水利厅水库监控项目进行了4个试点,这4个试点在2013年上半年发生雷击损坏共31次,其中一个站点上半年损坏15次,应用该技术2个多月未发生雷击损坏事故,目前已有100多个监控站点采用该技术。

3.1.2 应用中发现的一些问题

在宽带接入网点的应用中,也发现了一些问题,下面列举几例典型情况,在后期应用中予以注意。

a) 经统计,个别站点隔离变压器被雷击损坏,经调查,主要是在农村环境近距离直击雷引起的过强感应过电压所致。

b) 在电压不稳定地区,隔离变压器带载过轻使得输出电压过高,通信设备无法正常工作。经试验与分析,可从工程选型和电压调整率指标2个方面来考虑解决问题。

c) 在某个地区改造安装过程中导致通信设备电源板烧坏,经试验与调查后发现,原因在于电源板电容器

表1 电源防雷隔离变压器的关键技术指标(推荐值)

冲击耐压水平 ^①		•共模:输入对输出绕组之间、各绕组对屏蔽层及金属外壳(如果有)间,具备30kV冲击耐压水平(1.2/50μs,正、负极性各5次) •差模:输入绕组L-N间具备10kV冲击耐压水平(1.2/50μs,正、负极性各5次)			
效率指标 ^②	额定输出功率(P)/VA	P≤100	100<P≤500	P>500	
	效率(η)/%	≥75	≥85	≥90	
电压调整率指标 ^③	额定输出功率(P)/VA	≤63	63<P≤250	250<P≤630	P>630
	电压调整率(ΔU)/%	≤20	≤15	≤10	≤5
短路和过载保护		发生L-N短路和过载时,在合理时间内切断供电回路			
环境适应性		户外安装条件下,恶劣环境对性能及寿命影响			
体积和重量		便于安装			

① 共模和差模保护不建议采用非线性元件保护;考虑到实际中的电压波反射等效效应,额定耐压30kV对应测试电压36.9kV,额定耐压10kV对应测试电压12.3kV。

② 体现能效指标,越高越好。

③ 规范在不同负载情况下小型变压器电压输出的偏差,越小越好。

劣化,在加入隔离变压器后引发谐振过载所致,因此应对隔离变压器的短路和过载保护进行优化。

随着防雷隔离变压器在其他站型的拓展应用,还会有更多的细节性问题出现,因此还需要更好地优化和提升。

3.2 新技术在国内外标准中的应用

一直以来,ITU/IEC 等国际标准关于网络终端设备的安全防护要求是建立在用户楼宇或者公共设施有完善的防雷接地以及电气安全措施的基础之上的。由于我国及其他发展中国家的用户楼宇和公共设施本身建设就很不规范,相比较西方发达国家,小型通信设施面临的接地问题就更为突出。

目前,ITU、CCSA 等国内外标准组织在通信防护领域研究的一个重点方向就是小型网络终端设备的安全防护问题。

在国际上,中讯邮电咨询设计院有限公司代表中国联通在ITU-T SG5 牵头编制了《不良接地条件下小型通信设施的保护》(K.134),研究小型网络终端设备在不良接地条件下的安全防护问题,其中“隔离+浮地”防雷新技术被引用为重要的技术解决方案。

在国内,《小型无线系统的防雷与接地技术要求》(YD/T 3007-2016)和《基于公用电信网的宽带客户网络防雷技术要求及保护方法》(YD/T 3027-2016)都明确提出了“隔离+浮地”新技术的应用场景和方式。新修订的《通信局站防雷与接地工程设计规范》(GB 50689-2011)也明确将“隔离+浮地”新技术写入了小型通信站的防雷接地要求中。另外,中讯邮电咨询设计院有限公司也主导了相关通信行业标准《通信用防雷隔离变压器技术要求和测试方法》(已报批)和《不良接地条件下小型通信设施的保护》(在编)的编制。

4 技术经济分析

相比较于传统防雷方式,“隔离+浮地”新技术具有工程投资小、施工和维护简单、无需设置地网等优点,能够有效解决目前大量存在的电气安全隐患,特别适用于不良接地条件下小型通信设施的保护。表2列举了传统有效接地方式和隔离浮地方式在工程建设过程中的技术经济比较分析,比较两者方案,隔离+浮地方式虽然增加了部分设备成本,但是后期施工和维护成本大幅度减少,并且安全裕度较高。因此,如何更加经济有效地应用该新技术还需要在运营商和设备商之间取得共识。

表2 传统有效接地方式和隔离浮地方式的技术经济比较

项目	有效接地方式	隔离浮地方式	责任方
设备防护成本	低(估计几十元)	较高(功率200 W以内约200元)	设备商 ^①
设备小型化	嵌入印刷电路板,好	内置困难,外置无影响	设备商 ^①
设备安装施工	复杂、施工质量要求高,接地成本平均300~700元	安装简单,无接地成本	设备商/运营商
供电安全要求	需配备漏电保护器	无要求	运营商
后期接地维护	困难	无要求	运营商

① 如果隔离保护装置由运营商提供,由于功率匹配、重复保护等问题造成成本浪费。

5 结束语

“隔离+浮地”保护方式是针对不良接地条件下的小型通信设施,并结合其功率小、体积小、遭受直击雷风险低等特点而专项研发的一种防雷新技术,从试验及大量应用情况来看,该新技术是一个经济有效的防雷和电气安全解决方案,并在各项国内外标准中得到了应用。笔者也期望该项新技术能够在研究、标准化和产业化方面进一步向前推进,在5G基站建设中得到更为广泛的应用。

参考文献:

- [1] 建筑物电气装置 第4-41部分:安全防护 电击防护:GB 16895.21-2010[S/OL]. [2019-01-11]. <https://max.book118.com/html/2017/1022/137721718.shtm>.
- [2] Surge parameters of isolating transformers used in telecommunication devices and equipment:ITU-T K.95[S/OL]. [2019-01-11]. <http://www.zbgb.org/129/StandardDetail3628406.htm>.
- [3] 小型无线系统的防雷与接地技术要求:YD/T 3007-2016[S/OL]. [2019-01-11]. <http://www.zbgb.org/37/StandardDetail3584587.htm>.
- [4] 基于公用电信网的宽带客户网络防雷技术要求及保护方法:YD/T 3027-2016[S/OL]. [2019-01-11]. <http://www.csres.com/detail/279897.html>.
- [5] 刘吉克,林涌双,孔力,等.通信局(站)系统防雷接地理论突破及技术创新与国内外应用[J].中国科技成果,2016,17(10):68-69.
- [6] 牛年增,陈强.临近基站民房雷击事故分析[J].邮电设计技术,2014(6):84-86.

作者简介:

陈强,教授级高级工程师,学士,主要从事通信系统防雷、电磁防护相关研究及咨询工作;唐余兵,高级工程师,学士,主要从事通信系统防雷相关研究工作;刘吉克,教授级高级工程师,学士,主要从事通信系统防雷、电磁防护相关研究及咨询工作;牛年增,高级工程师,硕士,主要从事通信系统防雷、电磁防护相关研究及咨询工作;祁征,高级工程师,硕士,主要从事通信系统防雷、电磁防护相关研究及咨询工作。