

雷击线路之先导放电保护

童斌

(国家能源集团公司山西新能源有限公司 山西太原 030002)

一、雷电及危害



首先说雷电的放电，雷电流的大小与许多因素有关，各地区有很大区别，一般平原地区比山地雷电流大，正闪电比负闪电大，第一闪击比随后闪击大。

从大量观测数据表明，一次闪电放电电荷 Q 可从零点几库仑到 1000 多库仑。在一次雷击中，在同一地区它们的数量分布符合概率的正态分布。第一次负闪击的放电时间在 10 多微秒者居多，从实验得出数据，当模拟电容内的电位梯度 du/dl 达到闪击值时就会发生闪击。当闪击一旦发生，云地之间即发生急剧的电荷中和。

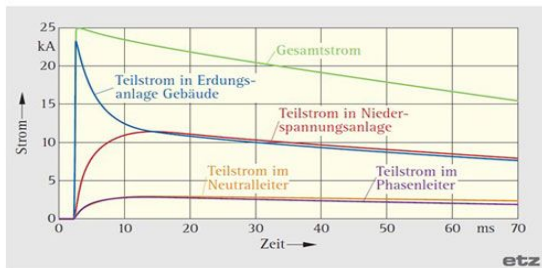


图4-根据即将出版的 DIN EN 62305-4 附录1，后峰冲击电流下雷电流的分布。

雷电流放电电流大，幅值高达数十至数百千安；放电时间极短，大约只有 50 ~ 100 μs；波头陡度高，可达 50kA/s，属于高频冲击波。雷电感应所产生的电压可高达 300 ~ 500kV。直击雷冲击电压高达 MV 级，放电时产生的温度达 2000K。

1. 雷电的危害

① 机械效应：雷电流流过建筑物时，使被击建筑物缝隙中的气体剧烈膨胀，水分充分汽化，导致被击建筑物破坏或炸裂甚至击毁，以致伤害人畜及设备

② 热效应：雷电流通过导体时，在极短的时间内产生大量的热能，可烧断导线，烧坏设备，引起金属熔化、飞溅而造成火灾及停电事故。

③ 电气效应：雷电引起大气过电压，使得电气设备和线路的绝缘破坏，产生闪烁放电，以致开关掉闸，线路停电，甚至高压窜入低压，造成人身伤亡。

2. 雷电冲击波的变化，雷电冲击波前时间，雷电冲击 30% 峰值与 90% 峰值时刻之间时间间隔 T 的 1.67 倍。半峰值时间(电流随时间衰减到峰值 50 % 的时间)：典型值为 40sμ 左右，变化范围为 10 ~ 250sμ

而雷击到导线上的高频电流，由于采用了长针引雷器与导线间的感应扰流，使得雷电流叠加扰断，雷击到架空地线上与导线产生的共振也得到缓解，逐渐平衡到输电频率，高、低

频，这些都得到化解。就是先导放电的概念。

二、35kv 线路雷击电流类型

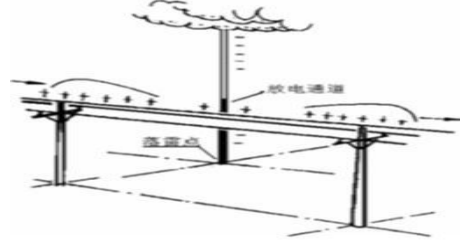
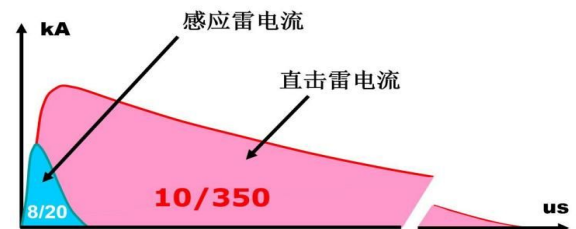


图4 雷云下架空线路的感应过电压波

雷击线路附近的地面，在绝缘子二端产生电磁感应电压，通常称为感应雷过电压。

雷电流放电电流大，幅值高达数十至数百千安；放电时间极短，大约只有 50 ~ 100 μs；波头陡度高，可达 50kA/s，属于高频冲击波。雷电感应所产生的电压可高达 300 ~ 500kV。直击雷冲击电压高达 MV 级，放电时产生的温度达 2000K。

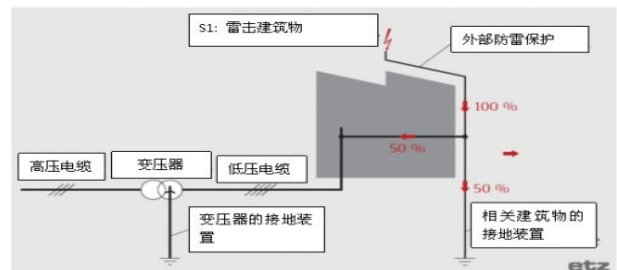
为避免 35KV 电压电流线路招到雷击：线路招到雷击后，绝缘子两端电压升高，会引起绝缘子串闪络，根据雷击点位置不同，引起闪络的原因不同，基本下列三种：



1、雷击线路附近的地面，在绝缘子二端产生电磁感应电压，通常称为感应雷过电压。

2、雷击塔顶或塔头附近避雷线，雷电流通过杆塔入地，杆塔电位升高，绝缘子串无发生闪络，当雷击架空避雷线档距中央时，地线电位升高，也可能引起导线、地线间的空气间隙闪络。这两种现象统称为反击。它们都是原来接地的物体（杆塔、避雷器），受雷击后电位升高，反过来对原来是高电位的导线放电。

3、雷绕过避雷线，击中相导线，这种由导线电位升高所引起的绝缘子串闪络称为绕击。



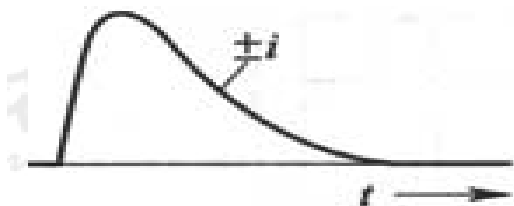
三、长针引雷器与线路周波传导震荡

提出新的设想：，在瓷瓶铁塔上侧装设一对长针引雷器，顺

延导线向伸出,和瓷瓶方向呈一定平衡度,此长针引雷器不同与一般避雷针,这种长针引雷器和铁塔的金属装设有一定绝缘隔离,当遇雷雨放电,通过长针引雷器与铁塔的间隙由于电压升高便可放电,使释放线路高压电流,卸掉过压大电流,当此长针引雷器在带电状态下,不与铁塔导通的情况下,由于线路带电,长针引雷器与铁塔绝缘,带电线路与长针引雷器金属之间产生感应带电,35kv 线路交流线路电流共振,线路周围有感应产生电磁场,交流频率为 50Hz,就会产生 50Hz 的震动磁场,在长针引雷器与线路的磁场之间,会产生电磁震荡,在震荡范围内;不会对输电线路产生大的影响。

水是导体,潮湿水粒、水滴也属于导体,在长针引雷器与导线磁场间也会产生共振,这种振动,越靠近导线,振动效果越强;就像电磁灶加热原理一样,共振会产生大量热效应,这样的话能否可以驱离瓷瓶附近的水滴,或分解瓷瓶上的湿气。另一方面,由于长针引雷器与铁塔绝缘,由于静态波动,与铁塔不会产生电流,长针引雷器和线路间的损耗,相对于线路电容损耗,由于长针引雷器只有很短的一段,铁容属性相对与铝导属性较弱。线路电感损耗可以忽略不计,不过,这有待实际效果的验整?

四、先导放电对线路保护有哪些影响



(a) 短时首次雷击

而雷击到导线上的高频电流由于长针引雷器与导线间的感应扰流,使得雷击电流叠加扰断,雷击到架空电线上与导线产生的共振也得到缓解,逐渐平衡到输电频率,高、低频都的到化解。

长针引雷器与导线这种共振,对线路的保护起到了决定性作用,化解雷击对导线破坏,以及保护跳闸起到了先导保护作用。



这也就是长针引雷器的工作原理,加上线路铁塔上侧避雷

接地线引流的保护,既可以十分有效避免线路招雷击的几率,对于有些巨大雷电压、电流冲击集电线路瞬间,集电线路传导去到升压站需要毫秒差,此时,瞬间的巨大雷高压、雷电流通过长针引雷器的放电间隙在窜入升压站前,开始释放,短时释放同时,由于电压、电流有效释放,也减缓集电线路的传导速度,故此也减轻了各处避雷器释放量,这种长针引雷器放电分流,可以减轻巨大雷电压、雷电流造成对避雷器损毁,而巨大的雷击电压、电流分流冲击在线路瞬间,或感应到 35kv 集电线路时,线路上的高压瞬间反向感应顺延到长针引雷器,使长针引雷器瞬间通过放电间隙释放,放电电间隙同时产生巨大热量,这部分巨大瞬间的热量产生空气爆炸冲击波,这种空气冲击波也同时冲刷瓷瓶,使瓷瓶得到有效清洁,由于是长针引雷器有限作用的发挥,故此使得瓷瓶上半侧和及腰侧瓷瓶同时得到空气清扫,十分有效地保护了避雷器、瓷瓶的损坏,也同时减少瓷瓶脏污潮湿的概率;这种新的东西,在潮湿的南方及海上风电场,或者风沙比较大的沙漠地区,极为有用。

导线位置	雷电流 ^①	波前 $t_f/\mu s$	波尾 $t_r/\mu s$	峰值时间 $t_p/\mu s$	峰值电压/kV ^②
上相 ^③	双指数波 ^④	0.23 ^⑤	9.68 ^⑥	2.30 ^⑦	388 ^⑧
	Heidler 波 ^④	1.10 ^⑤	8.82 ^⑥	2.45 ^⑦	424 ^⑧
中相 ^③	双指数波 ^④	1.39 ^⑤	9.70 ^⑥	2.32 ^⑦	436 ^⑧
	Heidler 波 ^④	1.20 ^⑤	9.10 ^⑥	2.75 ^⑦	452 ^⑧
下相 ^③	双指数波 ^④	1.84 ^⑤	9.72 ^⑥	2.32 ^⑦	470 ^⑧
	Heidler 波 ^④	1.35 ^⑤	10.80 ^⑥	2.96 ^⑦	476 ^⑧

不过,风电场 35kv 集电线路接地装置的优化,也是不可忽略的问题。接地装置即接地电阻;接地电阻的数值等于接地装置相对于无穷远零电位的电压及通过接地装置流入地中电流的比值。接地电阻的强弱,从根本体现了接地装置散流电流、稳定电位能力以及保护性能的优劣。雷电冲击接地装置的时候,引起周围土壤发生火花效应,当接地面积足够大、接地电阻足够小时,火花效应越不明显,因此接地电阻的大小,会直接影响其保护有效性。所以在风电场 35kv 集电线路设计的过程中,电杆、铁塔的接地形式与基础形式存在内质关联,而近年来,大多数风电场集电线路工程,为了减少施工流程,因此只是在基坑底端设计接地极。但是为了达到相应的标准,在设计的过程中需要敷设水平延伸接地极及深埋式接地极。

系统标称电压(kV)	35	66	110	220	330	500	750
单回线路	24~36	31~47	56~68	87~96	120~151	158~177	208~232
同塔双回线路	—	—	50~61	79~92	108~137	142~162	192~224

注:1 反击耐雷水平的较高和较低值分别对应线路杆塔冲击接地电阻 7Ω 和 15Ω;

2 雷击时刻工作电压为峰值且与雷击电流反极性;

3 发电厂、变电站进线保护段杆塔耐雷水平不宜低于表中的较高数值。

使用长针引雷器和铁塔的金属装设有一定绝缘隔离,当遇雷雨放电,通过长针引雷器与铁塔的间隙,由于电压升高便可通过接地有效放电,使释放线路高压电流,通过接地释放过压大电流,这就是 35kv 先导放电,及时保护线路正常运行使 35KV 集电线路雷击免于跳线特性。