

[防雷技术]

变电所防雷综合技术分析

文/中国石油集团电能有限公司电力技术服务公司 何亚非

由于变电所内部含有大量的电气设备，所以在雷电天气极易受到雷击，为了保证整个变电所的安全，必须增设必要的防雷设施。常用的防雷装置是避雷针、避雷线以及避雷器，主要对这三种装置在变电所中的应用进行了分析，保证变电所在雷雨天气仍能安全运行。

变电所内部含有大量的输送线路，如果输电线路被雷击，就会产生雷电过电压，而这些电压会顺着金属导体直接侵入到变电所内部，如果没有设置相应的防雷设施，系统就会出现故障，因此必须要在其增设相关的避雷装置。常用的避雷装置有多种类型，设计人员需要结合变电所的布局进行选取。

雷电过电压的类型

电气设备在制造的过程中由于性能不同，有着不同的额定电压和自身的绝缘强度。雷电过电压主要是由两种情况导致的：第一种情况是在雷雨天气，闪电直接击中了变电所；另一种是雷电击中了输电线路，雷电过电压通过金属导体进入了变电所内部。雷击类型有感应雷电过电压以及直接雷电过电压两种，前者是发生雷击以后产生的电磁感应电现象，后者是由于输电线路导电造成的。

变电所防雷时常用的设施

1. 避雷针

避雷针作为建筑中常用的避雷设施，当遇到雷雨天气时，避雷针的尖端就会聚集大量的电荷，其和带电云直接形成了类似电容的装置，但是其尖端的面积非常小，会使得电容非常小，因此当带电云上携带有较多的电荷时，就会直接击

穿避雷针与云层之间的空气间隙，而避雷针中又有一条与大地相连的接地线，因此当雷电流汇聚到避雷针上面时，就会被导入到大地，进而起到了对建筑物防护的作用。

2. 避雷线

避雷线在布置上要高于被保护的建筑物，其主要是防止直击雷带来的破坏。当遇到雷雨天气时，避雷线直接迎面先导，保护物在其下部，因此在极大程度上降低了被保护建筑被雷击的概率。但是需要注意的是，在进行避雷线的选购时，一定要加强对其电磁阻抗的要求，为了减少绝缘物体对雷电的反击，就要求避雷线的阻抗非常低，可以有效地将雷电引到大地，起到对建筑物防护的作用。为了确保其可以对建筑物进行有效的保护，在确定保护范围时，通常是由工程师根据以往的工程经验，加上设计人员的仿真试验共同来确定。

3. 避雷器

避雷器是在变电所中使用的一种最为普遍的避雷装置，其在连接上有两种方式：一是直接连接在与大地相连的导线上；二是直接并联在需要保护的装置上。而这两种方式的原理也不一样，前者主要是将雷电流直接导入大地，而后者则是通过将线路上的过电压释放，进而起到有效的避雷作用，其根本是通过减小雷电波来实现对电气设备防护的目的。其之所以能被广泛地应用，还

因为一个较为显著的特点，就是可以开断续流，进而起到对供电系统的保护作用。设计人员在设置避雷器时，在其内部设置了一个电压整定值，如果流过其内部的电压超过了设定值，避雷器就会开启防护功能，将过电压阻隔，以此来保证所保护设备的安全；如果电压又恢复到了原来的状态，避雷器刚刚开启的功能就会关闭，进而实现变电所的正常运行。

变电所防雷技术

1. 装设避雷针

结合以上对常用避雷装置的分析，避雷针是防雷效果最好的装置，但是在进行布局时，设计人员需要考虑两个因素：首先是要尽可能提升避雷针保护的覆盖范围，在对其高度以及位置进行确定时，通常都是由设计人员结合整个变电所的整体布局来确定；其次是需要考虑到一旦避雷针被雷击到，就会引起电位差，即地电位会增大，极易导致被保护的设施受到反向的破坏。对于雷电的反向破坏，通常可以通过以下的公式来进行计算

$$u_a = L \frac{di_L}{dt} + i_L R_{ch}$$

$$u_e = i_L R_{ch}$$

式中， i_L 表示雷电流；取避雷针高度上的任意一点A，设其高度为 h ，此处产生的电位为 u_a ； u_e 是避雷针接地装置上的电位； R_{ch} 是冲击时的接地电阻表示； i_L 是雷电流； di_L/dt 是平均电流用。

2. 装设避雷线

在进行避雷线的装设时，有两种方式可以选择：一种是局部进线保护；一种是全线均保护。当雷电击到线路时，就会产生相应的过电压，而这些过电压就会以入侵波的形式流入变电所，具体的大小为将近一半的放电电压，但是由过电压产生的冲击耐压要远大于变电所的冲击耐压。具体可以参考下表。

表 不同额定电压下的冲击耐压强度对比

(单位: kV)

额定电压	变电所的冲击耐压	线路的冲击耐压
35	170	360
110	420	710
155	580	1 100
220	835	1 400

由上表可以看出，输电线路过电压对变电所的影响是巨大的，为了保证系统的安全，需要将避雷线设置在进线段附近。还有一种情况就是进线端的最前端直接被雷击中，此过程会导致电晕现象的发生，而此现象直接会导致雷电波坡度下降，进而使得入侵波出现衰减。

但是还存在有一个难点，就是如果雷电波入侵到了进线端，就会直接导致变电所内部的电气设备出现损坏，此时仅使用避雷线就不能达到避雷的目的。所以为了有效地解决该问题，确保设备的安全，就需要避雷针与避雷线协同防护，而且对避雷针的高度也有着较高的要求，以此来实现避雷器与变电所设计过程的一些外漏的部分有效地进行连接，实现对整个变电所的全方位防护。

3. 变压器防护

进行变压器的防护主要分为两个方面。首先是双绕组变压器的防护，当其正常工作时，低压侧与高压侧都是闭合的回路，所以可以将避雷器设置在此处，如果发现雷电波入侵到了线路内部，避雷器便可以将其直接导入到大地当中，而高压侧即使有感应，也不会将绕组击穿，所以在该处不需要添加任何保护措施，便可确保正常工作。其次是三绕组变压器的防护，其主要应用于110 kV以上的变电所，而且绕组与绕组之间存在着耦合作用，由于绕组为低压、中压以及高压，所以一旦绕组之间发生相互作用，便会直接影响到低压侧的绝缘，因此一旦雷电波入侵到了中压侧与高压侧，低压侧处的绝缘直接就会被击穿。为了避免此种现象的发生，需要将避雷器添加到每一个低压绕组的出口位置，对其进行保护，确保在中压或者高压侧遭受雷电波时，低压侧可以安全运行。

结束语

变电所对于电力行业是至关重要的，由于其内部含有大量的电气设备，因此极易在雷电天气遭受雷击，避雷器为变电所防雷系统中常用的一种避雷装置，而就避雷效果来讲，避雷针是首选的避雷设备。但是设计人员也不能止步于此，还应该在未来的发展中不断摸索出更加先进的避雷技术，在保证避雷效果的同时，减少成本的投入，进而为行业创造出更大的效益。EA

(收稿日期: 2020.02.20)

(编辑: 朱金凤)