

## 任务四：电气安全、接地与防雷设计

教案头：

项目	项目六 智能供电系统的方案设计		
任务	任务 5 电气安全、接地与防雷设计	学时	2
教学目标	知识目标	技能目标	素质目标
	①掌握电气安全基本知识 ②了解雷电的形成和危害 ③熟悉接地概念、类型、作用。	①能配置和选择避雷器。 ②会选择接地点和接地线、正确连接接地体和接地线，规范安装接地体和接地带装置。	①树立良好的安全用电意识，严谨的工作态度和认真负责的工作作风。 ②具有良好的团队协作精神，主动适应团队工作要求。 ③基本职业素养的培养。
工作任务	①学习供配电系统的电气安全基本常识 ②电气接地保护和接地保护装置接线的训练 ③观看事故安全教育片		
教学重点	重点：电气接地保护		
教学难点	难点：避雷器的设计		
教学策略	“教、学、练、做”一体化		
教学条件	多媒体设备、电气设计手册。		
作业	①为工厂供配电系统设计方案配置和选择避雷器 ② 做课后练习题		
备注			

教学内容：

### (1) 任务概述

供配电系统要实现正常运行，首先必须保证其安全性。接地和防雷是电气安全的主要措施。本次任务首先学习有关电气安全和电气接地的基本知识，并熟悉电气安全规程，了解雷电的形成和危害以及供配电系统的接地类型。学习电气接地装置的安装接线技术和接地电阻的测量方法，使学生掌握安装操作规程，学会选择接地点和接地线、正确连接接地体和接地线，规范安装接地体和接地带装置。

### (2) 知识准备

#### 1) 安全用电的基本知识

##### ①触电

触电：既手脚之间、两手之间或两脚之间受到电压的作用在人体内产生电流。

安全电压：就是不会使人直接致死的电压，正常情况下的安全电压为 50V。

---

## ②保护接地

接地:既将电气设备的某些部分用导线(接地线)与埋在土壤中或水中的金属导体(接地体)相连接。

接地电阻最大允许值:小接地电流系统的接地电阻值一般不应大于  $10\ \Omega$ 。

## ③保护接零

保护接零:在 380/220V 低压系统中设置工作零线,将电气设备的金属外壳与工作零线相连,构成保护接零。

接零条件:零线不允许开断;零线应作重复接地;接零与接地统一。

## 2) 过电压与防雷

### ①过电压的形式

过电压是指在电气设备或线路上出现的超过正常工作要求并对其绝缘构成威胁的电压,过电压按其发生的原因可分为:内部过电压和雷电过电压。

内部过电压:内部过电压是由于电力系统本身的开关操作、发生故障或其他原因使系统的工作状态突然改变,从而在系统内部出现电磁能量的转化或传递所引起的电压升高。经验表明,内部过电压一般不会超过系统正常运行时额定电压的 3-3.5 倍,对线路和电气设备的威胁不是很大。

雷电过电压:雷电过电压是由于雷击电气设备而产生的,又称为外部过电压。雷电过电压可高达几亿伏,对电力系统危害极大,必须采取有效的措施加以防护。

### ②防雷设备

一个完整的防雷设备一般由接闪器或避雷器、引下线和接地装置三部分组成。

## 3) 防雷措施

### ①架空线路的防雷保护

i 架设避雷线。这是线路防雷的最有效措施,但成本很高,只有 66kV 及以上线路才沿全线装设。

ii 提高线路本身的绝缘水平。在线路上采用瓷横担代替铁横担,改用高一绝缘等级的瓷瓶都可以提高线路的防雷水平,这是 10kV 及以下架空线路的基本防雷措施。

iii 利用三角形排列的顶线兼做防雷保护线。由于 3~10kV 线路其中性点通常是不接地的,因此如在三角形排列的顶线绝缘子上装设保护间隙,则在雷击时顶线承受雷击,保护间隙被击穿,通过引下线对地泄放雷电流,从而保护了下面两根导线,一般不会引起线路断路器跳闸。

iv 加强对绝缘薄弱点的保护。线路上个别特别高的电杆、跨越杆、分支杆、电缆头、开关等处,就全线路来说是绝缘薄弱点,雷击时最容易发生短路。在这些薄弱点,需装设管型避雷器或保护间隙加以保护。

v 采用自动重合闸装置。遭受雷击时,线路发生相间短路是难免的,在断

路器跳闸后，电弧自行熄灭，经过 0.5s 或稍长一点时间后又自动合上，电弧一般不会复燃，可恢复供电，停电时间很短，对一般用户影响不大。

vi 绝缘子铁脚接地。对于分布广密的用户低压线路及接户线的绝缘子铁脚宜接地，当其落雷时，就能通过绝缘子铁脚放电，把雷电流泄入大地而起到保护作用。

### ②变配电所的防雷保护

#### ◆ 防直击雷

装设避雷针以保护整个变配电所建（构）筑物免遭直击雷。

#### ◆ 进线防雷保护

35kV 电力线路一般不采用全线装设避雷线来防直击雷，但为防止变电所附近线路上受到雷击时雷电压沿线路侵入变电所内损坏设备，需在进线 1~2km 段内装设避雷线，使该段线路免遭直接雷击。为使避雷线保护段以外的线路受雷击时侵入变电所内的过电压有所限制，一般可在避雷线两端处的线路上装设管型避雷器。

3~10kV 配电线路的进线防雷保护，可以在每路进线终端，装设 FZ 型或 FS 型阀型避雷器，以保护线路断路器及隔离开关。如果进线是电缆引入的架空线路，则在架空线路终端靠近电缆头处装设避雷器，其接地端与电缆头外壳相连后接地。

### ③配电装置防雷保护

为防止雷电冲击波沿高压线路侵入变电所，对所内设备造成危害，特别是价值最高但绝缘相对薄弱的电力变压器，在变配电所每段

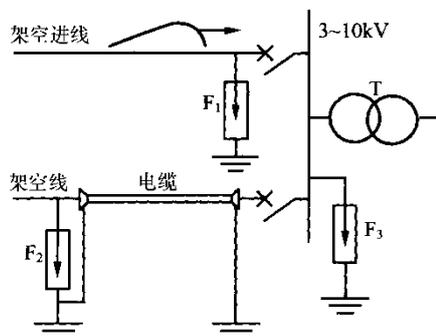


图 3.16.1 3~10kV 变配电所进线防雷保护接线

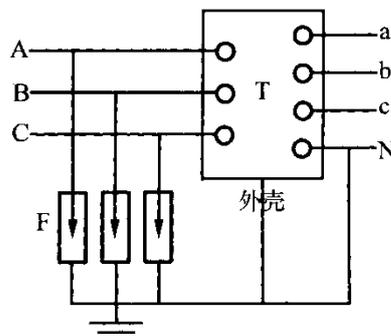


图 3.16.2 电力变压器的防雷保护及其接地系统

统

F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>-管型避雷器 F<sub>3</sub>-阀型避雷器

母线上装设一组阀型避雷器，并应尽量靠近变压器，距离一般不应大于 5m。

### ④高压电动机的防雷保护

高压电动机的绝缘水平比变压器低，如果其经变压器再与架空线路相接时，一般不要求采取特殊的防雷措施。但如果是直接和架空线路连接时，其防雷问题尤为重要。

---

高压电动机由于长期运行，受环境影响腐蚀、老化，其耐压水平会进一步降低，因此对雷电侵入波的防护，不能采用普通的 FS 型和 FZ 型阀型避雷器，而应采用性能较好的专用于保护旋转电机的 FCD 型磁吹阀型避雷器或采用具有串联间隙的金属氧化物避雷器，并尽可能靠近电动机安装。

对于定子绕组中性点能引出的高压电动机，就中性点装设避雷器。

对于定子绕组中性点不能引出的高压电动机，为降低侵入电机的雷电波陡度，减轻危害，在电动机前面加一段 100~150m 的引入电缆，并在电缆前的电缆头处安装一组管型或阀型避雷器。

### ⑤ 建筑物的防雷保护

各种建筑物中，根据其重要性、使用性质、发生雷电事故的概率和后果，按对防雷的要求不同分成三类。

凡在存放爆炸物品或正常情况下能形成爆炸性混合物，因电火花而会发生爆炸，致使房屋毁坏和造成人身伤亡者属第一类防雷建筑。应有防直接雷、感应雷和雷电侵入波措施。

制造、使用或储存爆炸物质的建筑物，但电火花不易引起爆炸或不致引起巨大破坏或人身事故，或国家级重要建筑物，属第二类防雷建筑。应有防直接雷和雷电侵入波措施，有爆炸危险的也应有防感应雷措施。

不属第一、二类建筑物但需实施防雷保护者，如住宅、办公楼、高度在 15m 以上的烟囱、水塔等孤立高耸的建筑物属于第三类建筑物。应有防直接雷和雷电侵入波措施。

## (3) 任务实施

### 1) 工作准备

#### ① 提出接地装置的敷设要求

- 垂直接地体的间距不宜小于其长度的两倍，水平接地体的间距不宜小于 5m。
- 接地体与建筑物的距离不宜小于 1.5m。
- 围绕屋外配电装置、屋内配电装置、主控制楼、主厂房及其它需要装设接地网的建筑物，敷设环形接地网。
- 接地线沿建筑物墙壁水平敷设时，离地面宜保持 250~300mm 的距离。接地线与建筑物墙壁间应有 10~15mm 的间隙。

② 学生分组，每小组 5 人开展工作，组长发放安装工具和接地装置的接线图。

### 2) 工作过程

#### ① 接地线的选取

为连接可靠并有一定的机械强度，人工接地线一般采用钢质扁钢或圆钢接地线；为防止机械损坏及锈蚀情况，接地线要有足够大的尺寸。钢质接地线的截

---

面不大于 100mm<sup>2</sup>，铝质接地线则为 35mm<sup>2</sup>，铜质接地线则为 25mm<sup>2</sup>。

#### ②人工接地体的装设

接地体的布置根据安全、技术要求，因地制宜安排，可以组成环形、放射形或单排布置。为了减小接地体相互间的散流屏蔽作用，相邻垂直接地体之间的距离不应小于 2.5~3m，垂直接地体的顶部采用扁钢或直径圆钢相连，上端距地面不小于 0.6m，通常取 0.6~0.8m。

#### ③配置和选择供配电系统高压侧的避雷器

#### ④配置和选择供配电系统低压侧的避雷器

### **(4) 检查与评价**

#### 1) 检查

工作完成后，学生先按评价标准自行检查测试，然后，由指导教师选一个操作项目对学生进行考核。

#### 2) 评价

评价标准：安全员应知应会要求、安装操作的规范性；

评价内容：团队合作能力、工作态度、操作技能水平；

评价方式：自评、小组成员互评、企业兼职教师评价、指导教师评价。

### **(5) 总结**

通过本次任务的实施，熟悉了电气安全用电常识，了解了雷电形成的原因和防雷的措施，掌握了电气接地装置的安装技术。