

(建筑电气工程) 发电厂及 变电站电气设备第章

20XX 年 XX 月

第八章接地装置

教学要求：掌握保护接地、保护接零的工作原理；了解影响接地电阻的因素及降低方法，了解接地系统。

接地是防止人身受到电击，保障电力系统正常运行，保护线路和设备免遭损坏，预防电气火灾，防止雷击和防止静电损害的基本措施。

电对人体的伤害是多方面的：电流通过人体会造成电击；电流的热效应会造成电灼伤；电流的化学效应会造成电烙印和皮肤金属化；电磁场能量对人体的辐射作用，会引起头晕、乏力、神经衰弱等症状；电火花会引起瓦斯及氢气爆炸，造成设备损坏和人身伤亡。所以，必须研究电气安全技术，采取有效措施。s

8 . 1 人体触电的概念及机理

8.1.1 人体的触电

8.1.1.1 触电发生的原因

人体的不同部分，如手脚之间、两手之间或两脚之间受到电压的作用，在人体内产生电流造成伤害，甚至危及生命安全，叫做触电。

通常是人站在天然导电的地面上，手接触到带电体而发生触电。统计表明，多数触电事故是由于直接接触或接近电路的裸带电部分而造成的。另有约 20% 的事故则是由于电气设备的绝缘损坏致使金属外壳、基础构架等发生非正常带电而引发的。

前壹类称为直接接触，防止的办法是采用电气隔离，且正确地执行电气设备安全运行的组织措施和技术措施。后壹类称为间接触电，除了加强绝缘的定期监测和维修，便是采用接地保护的办法。须知绝缘损坏且不都是由外部原因引发的偶然现象，任何绝缘的老化都是必然的，而老化的绝缘便随时可能出现绝缘故障。

8.1.1.2 电流对人体作用的机理

电流通过人体内部，对人体的伤害程度和通过人体电流大小、电流通过人体的持续时间、电流通过人体的途径、电流的种类及人体的精神状态有关，而且各种因素之间有密切联系。

1 . 电流大小。

通过人体的电流越大，人体的生理反应越强烈，引起心室颤动所需的时间越短，致命的危险就越大。

对于工频电流，按照电流通过人体的大小不同，能够划分为以下三级：

（ 1 ）感知电流。引起人的感觉的最小电流称为感知电流。实验资料表明，对于不同的人，感知电流也不同，成年男性的平均感知电流约为 1.1mA ，成年女性的平均感知电流约为 0.7mA 。

（ 2 ）摆脱电流。人触电后能自动摆脱电源的最大电流称为摆脱电流。实验资料表明，对于不同的人，摆脱电流也不同，成年男性的平均感知电流约为 16mA ，成年女性的平均感知电流约为 10.5mA 。

(3) 致命电流。引起心室颤动的最小电流称为致命电流。根据动物实验和统计分析得出的资料列入表 8-1 。该资料考虑了通电时间的影响，表中，O 是没有感觉的范围，A 不引

起心室颤动，B 是容易产生严重后果的范围。

2 . 通电时间。

表 8-1 表明，通电时间愈长，愈容易引起心室的颤动，死亡的危险性增大。这是因为，通电时间愈长，能量积累增加，引起心室颤动的电流减小。

工频电流对人体作用的分析资料表 8-1

电流范围	电流 (mA)	通电时间	人体生理反应
O	0~0.5	连续通电	没有感觉
A ₁	0.5~5	连续通电	开始有感觉，手指手腕等处有痛感，没有痉挛，能够摆脱带电体
A ₂	5~30	数分钟以内	痉挛，不能摆脱带电体，呼吸困难，血压升高，尚可忍受
A ₃	30~50	数秒到数分	心脏跳动不规则，昏迷，血压升高，强烈痉挛，时间过长即引起心室颤动
B ₁	50~数百	低于心脏搏动周期	受强烈冲击，但未发生心室颤动
		超过心脏搏动周期	昏迷，心室颤动，接触部分留有电流通过的痕迹
B ₂	超过数百	低于心脏搏动周期	昏迷，心室颤动，接触部分留有电流通过的痕迹
		超过心脏搏动周期	心脏停止跳动，昏迷，可能致命

3 . 电流途径

电流通过心脏时会引起心室颤动，较大的电流仍会使心脏停止跳动。电流流过中枢神经，会引起中枢神经系统强烈失调而导致死亡。电流通过头部会使人昏迷，若电流较大，会对脑产生严重伤害，使人昏迷而导致死亡。因此，从左手到胸部是最危险的电流途径，从手到手、从手到脚也是很危险的电流途径。

4 . 电流种类

直流电流、高频电流、冲击电流和静电电荷对人体都有伤害作用，其伤害程度壹般较工频电流为轻。

电流的频率不同，对人体的伤害程度亦不同。25~300HZ 的交流电对人体的伤害程度最严重。

5 . 人体状况

电流对人体的伤害程度和人体状况也有关系：电流对人体的作用，女性较男性敏感；小孩承受电击能力较成年人低；引起心室颤动的电流约和体重成正比。

6 . 人体电阻和安全电压

人体电阻不是一个常数，它和电流途径、皮肤（干湿及破损）状况以及接触面大小有关，且随作用电压的大小而变。在小电压时，皮肤具有绝缘保护作用，在电压升高时皮肤将逐渐发生击穿，且增加机体电解，使人体总电阻下降。

设电流途径为手至手或手至脚，皮肤具有壹般的接触面积和平均干湿度。当电压低于100V 时，人体电阻平均值约为 $3000\ \Omega$ ，忽略站脚处地面电阻率的影响，则痉挛电压值约为 $3000 \times 0.02 = 60\text{V}$ 。即是说，在壹般条件下，触电者不需别人帮助能自行脱开 60V 的触电电

压,避免出现触电死亡事故。若接触条件变坏(指皮肤潮湿、接触面加大),即使人体电阻降至 1300Ω ,也不致于达到 50mA 的使心室纤颤的危险限值。故壹般可认为根据国际电工学会的推荐,该电压值现宜降至 50V 。

在特殊环境中,例如地水中或特别潮湿处,或地金属的地面上;地湿皮肤和大面积接触的情况下,人体电阻只有几百欧姆。此时必须使用更低的安全电压规定值,例如 36V 、 24V 甚至 12V 。

8.2 保护接地

8.2.1.接地的分类

所谓接地,既将电气设备的某些部分用导线(接地线)和埋在土壤中或水中的金属导体(接地体)相连接。按照接地的作用,电气设备的接地主要有三种形式:

(1) 工作接地

工作接地是为了使电气装置正常工作而将电气回路中的某壹特定点接地,使之和地基本保持同电位。如变压器中性点、电压互感器中性点等的接地。

(2) 保护接地

保护接地是将主要电气设备可能带电的金属部分进行接地,防备由于绝缘损坏使外壳带危险电压,以保护人身的安全。如电气设备的金属外壳,钢或钢筋混凝土构架、杆塔,停电检修的电路等的接地。

由于绝缘故障有可能窜入高电压的低压回路壹点接地,也具有保护接地的性质。如电流互感器二次回路的壹点接地。

(3) 冲击接地

其作用是将雷电流安全地泄入地中,消除过电压的危险影响。如避雷针、避雷器和线路杆塔等的接地。

按照接地电流的波形,工作接地和保护接地属于工频接地,在电站共用壹个统壹的接地装置。冲击接地常设置独立的集中接地装置,构成过电压保护装置的壹部分。

8.2.2 基本原理

未作保护接地时,当电气设备主绝缘损坏致使金属外壳等和带电部分相连通时,人壹接触设备,既和故障相的对地电压接触,这对人体是非常危险的,如图 8-1 所示。

处于相电压下的金属外壳对人体安全构成的威胁仍和系统中性点的运行方式有关。

在中性点不接地系统或经消弧线圈接地的系统中,通过触电者的电流将是单相接地的电容性电流(或过补偿的感性电流),其数值以安培计,故对人体构成威胁。

在中性点直接接地系统中,加于触电者的电压将是相电压,在高压系统中将导致人体的迅速烧毁。

当金属外壳等有保护接地之后时,情况便大不相同。当电气设备绝缘损坏时,设备外壳上的对地电压为

$$U_d = I_d R_d$$

式中， I_d ——单相接地电流

R_d ——接地装置的电阻

当人触及设备外壳时，接地电流将沿着接地体和人体两条通路流过，如图 8-1 所示，

而通过人体的电流为

$$I_r = I_d R_d / (R_r + R_d)$$

式中， R_r ——人体的电阻

图 8-1 保护接地的作用原理

以图 8-2 为例，和外壳同电位且和土壤紧密接触的接地体，在向地中散流时，因土壤的电阻率很大，在设备附近形成壹个倒漏斗形的地电位分布曲线。靠近接地体附近的土壤中电流密度大，电位分布陡峭。距接地体越远，电流密度越小，电压降也越小。约在 15—20m 处地电位接近于零。最高电位 U_{jd} 和接地电流 I_{jd} 之比值叫做接地电阻 R_{jd} ，即

$$R_{jd} = U_{jd} / I_{jd} \quad (8-1)$$

显然接地电阻不壹个集中参数，而是遍及电位分布场中的分布电阻。

图 8-2 单根垂直接地体的散流场和地面电位分布

8.2.3 接触电压和跨步电压

在发生接地故障（如电气设备主绝缘损坏致使金属外壳等和带电部分相连通）时，位于分布电位场内的人体所受到的电压有接触电压和跨步电压。

所谓接触电压 U_j ，即人站在距设备 0.8m 处，手触外壳等带电部分，手脚之间所受的电压值。即

$$U_j = U_{jd} - U \quad (8-2)$$

式中： U 为触电者站脚处的电位

由该式可见，接触电压的大小和接地电阻的大小有关，接地电阻愈小，接触电压就愈小。接地保护之所以有效，不仅在于降低了带电外壳等的电位 U_{jd} ，而且仍因抬高了站脚处的电位 U 。设备的接地即使非常好，在故障电源未切断前，接触电压也是存在的。

所谓跨步电压 U_k ，即人在接地故障区域内行走，跨出 0.8m 步距的俩脚所受到的电位差值。即

$$U_k = U_1 - U_2 \quad (8-3)$$

式中： U_1 、 U_2 为俩脚落地点的地面电位。

当人处于电场内有麻电的感觉时，不能奔跑逃离电场，而应该单脚跳或细步离开电场。

8.2.4 接地电阻最大允许值

接地电阻由 $R=U_{jd}/I_{jd}$ 来决定，这时的接地电压 U_{jd} 应是能保证人身安全的数值。

1.对小接地电流系统

在中性点不接地或经消弧线圈接地的系统中，壹相绝缘损坏时的接地电流壹般控制在 $10 \sim 30A$ 以下，能够带故障运行 $2h$ 。此时为了不致出现过高的接触电压和跨步电压，应适当限制接地电压值。当接地装置仅用于高压系统时，规定接地电压不超过 $250V$ ，故壹般应符合 $R \leq 250/I_{jd}$ ，接地电阻值壹般不应大于 10Ω 。

当接地装置用于低压系统或高压系统共用时，考虑到人和低压设备接触的机会较多，

需要更加降低接触电压和跨步电压,规定接地电压不超过 120V , 故壹般应符合 $R \leq 120/I_{jd}$, 接地电阻壹般不应该超过 4 Ω 。在发电机或变压器的容量小于 100kVA 时,可放宽至 10 Ω 。

高土壤电阻率地区,接地电阻允许升高,但不应超过:发电厂、变电站 15 Ω ,其余 30 Ω 。

2.对大接地电流系统

在中性点直接地系统中,壹相绝缘损坏时的接地电流很大,此时巨大的短路电流流过接地点必伴随着高接地电压。但保护将速动作切除故障电路,接地电压的出现只是短暂的,致使人体触电的机遇很少,而且作用时间短。故允许采用较大的接地电压和跨步电压值,且综合考虑电力系统运行的多方面要求,规定接地电压不超过 2000V , 故壹般应符合 $R \leq 2000/I_{jd}$, 当系统的计算单相短路电流大于 4000A 时,可取 $R \leq 0.5\Omega$ 。

高土壤电阻率地区,接地电阻允许升高,但不应超过 5 Ω 。

3.对低压系统

低压系统(主要是 380/220V 系统)的中性点壹般采用直接接地。

且联运行电气设备的总容量为 100kVA 之上时,接地电阻壹般不应大于 4 Ω ;且联运行电气设备的总容量为 100kVA 及以下时,接地电阻壹般不应大于 10 Ω 。

高土壤电阻率地区,接地电阻允许升高,但不应超过 30 Ω 。

8.3 保护接零

8.3.1 保护接零原理

在中性点直接地系统中,无论高低电压,要发生单相接地时,都使壹相电压经接地中性点和故障接地点形成单相短路回路。但由于低压系统电压低,中性点和设备处接地装置阻值较大,单相短路电流偏小,常达不到保护所需要的动作值;此外,对低压设备,接地电压也略显过大。

针对低压设备保护接地存在:接地电流偏小和接地电压偏高的两个主要缺点,壹般在 380/220V 低压系统中设置工作零线,将电气设备的金属外壳等和工作零线相连,构成保护接零。它用零线短接了保护接地回路中的电阻 R_o 和 R_s , 因故接零保护可增大接地电流和减小接地电压。它是保护接地的进壹步发展。

图 8-3 (a) 为保护接零图。当电气设备绝缘损坏而发生碰壳短路时,形成了壹个闭合的金属性短路回路,由于这个回路不包括接地体的接地电阻,所以短路电流比较大,使继电保护装置能够可靠动作。另外,假定零线阻抗和相线阻抗(包括变压器或发电机每相绕组阻抗)持平,则相电压 220V 在相线和零线上各降落 110V 左右。图(b)实线表示只有变压器中性点接地时,接零保护的电位分布。此时故障设备外壳的对地电压 U_{jd} 为 110V 左右。若在故障设备处作零线的重复接地,则零线上的电位分布如图(b)中虚线所示,这时零线压降在 R_o 和 R_s 两个接地电阻上分压。可见,在中性点直接接地的低压系统中,具有重复接地的接零保护能提供比接地保护大得多的故障分断电流和低得多的接地电压,这是接零保护的优点。

图 8-3 低压设备的保护接零

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。
如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/208033073012007022>