

建筑电气接地系统的类别及其发展趋势

韦秀生

(广东信为建设有限公司, 广东 广州 510000)

摘要 建筑电气接地系统的类别较多, 其特性也各不相同, 在具体应用过程中需要注意安全风险。建筑电气接地系统的发展趋势对我国建筑工程项目的建设水平会产生直接影响, 特别是在众多先进技术持续涌现的时代背景之下, 不断突出建筑项目的拓展性功能, 有利于推动建筑项目的深化发展。基于此, 文章着重分析了电气接地系统的类别以及未来的发展趋势, 以期为促进电气接地系统更好地满足建筑物电气化的应用需求提供借鉴。

关键词 建筑电气; 接地系统; TN-C系统; TN-C-S系统; TN-S系统

中图分类号: TU85

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0100-03

在建筑电气运行发展过程中, 接地是核心组成部分, 其中低压电系统接地所采用的电机防护措施和保护装置会直接影响接地的整体效果, 如果选择不当, 不但无法实现所要求的保护效果, 反而会降低供电系统的可靠性。基于此, 需要明确建筑电器的接地系统类别, 并且结合电气工程的发展需求, 选择适合的电气接地系统, 进而在遵循电工行业规范和相关标准的基础上, 针对性地提升接地系统的安全性, 使其可以全面发挥自身的功能特点。

1 建筑电气接地系统的类别

1.1 TN-C系统

TN-C系统是一种三相四线制系统, 其中中性线(N)和保护线(PE)合二为一, 形成保护中性线(PEN)。这种设计简化了线路布局, 减少了电缆的成本和复杂性。在TN-C系统中, 四根电线分别为三根相线(通常用黄、绿、红色标识)和一根PEN线(常以黄绿色标识)。

尽管TN-C系统因其经济性和简便性在某些区域广泛使用, 但它也隐藏着一定的安全隐患, 主要风险来源于PEN线的连续性问题。当PEN线因磨损、腐蚀或其他原因断裂或接触不良时, 所有连接到该线的设备的金属外壳可能会带有危险的电压, 这一现象称为“漂移电压”。如果人体触碰了带有漂移电压的设备外壳, 就有可能遭受电击。因此, TN-C系统的安全性高度依赖于PEN线的连续性检查和维护。

为了减少TN-C系统的风险, 国际上制定了一系列标准和指南。如, 根据国际电工委员会(IEC)的建议, TN-C系统中的PEN线在进入建筑物前必须接地, 以降低漂移电压的风险。

IEC推荐的PEN线电阻应小于0.4欧姆, 以确保在

故障条件下设备外壳上的电压不会超过安全限值。这一标准可通过以下公式验证:

$$R_{PEN} = \frac{V_{safe}}{I_{fault}}$$

R_{PEN} 是 PEN 线的电阻。

V_{safe} 是安全电压限值。

I_{fault} 是预期的故障电流。

虽然TN-C系统在成本和布线方面具有优势, 但其潜在的安全风险不容忽视。通过遵守严格的维护和检查程序, 以及遵守相关安全标准, 可以最大限度地降低这些风险, 确保电气系统的安全运行^[1]。在设计和实施TN-C系统时, 必须平衡经济效益与人员安全, 确保采取适当的安全措施, 避免可能的电击事故。

1.2 TN-C-S系统

TN-C-S系统是一种介于TN-C与TN-S之间的创新电气接地模式, 巧妙地平衡了成本效率与安全性能。在源头至建筑物入口阶段, 该系统采用TN-C配置, 即三相四线制供电(黄、绿、红三相与黄绿色的PEN线), 简化了布线流程, 降低了初始投资成本。然而, 一旦跨过建筑物的门槛, 系统便转型为TN-S架构, 引入了独立的工作零线(N)和保护零线(PE), 形成三相五线制(黄、绿、红三相、淡蓝色N线及黄绿色PE线), 增强了安全防护级别。

建筑物入口处的转换点是整个系统的核心, 需经过精心规划与维护, 确保TN-C到TN-S的无缝切换。转换点的选址需考量建筑的电气布局、负载特性和安全需求, 以优化系统性能与用户安全。通过这一转换, 即使外部TN-C段的PEN线遭遇断裂, 内部设备的安全性依然得到保障, 因为它们通过独立的PE线接地, 有

效规避了漂移电压的危害。

TN-C-S 系统的精髓在于其对 TN-C 与 TN-S 优势的完美融合。内部采用 TN-S 模式,意味着即便外部 TN-C 段出现故障,内部系统的安全性能也不会受影响。独立的 PE 线确保了故障电流的快速回流,促发保护机制及时响应,迅速切断故障电路,减少了设备损坏和火灾发生的可能性。

1.3 TN-S 系统

在电气工程领域,TN-S 系统,即三相五线制系统,以其卓越的安全性能和广泛的应用范围而著称。该系统从变压器输出端开始,即采用三相五线制(包括黄、绿、红三相线、淡蓝色 N 工作零线以及黄绿色 PE 保护零线)供电,并在规定距离内对 PE 线进行接地处理,确保在入户端也能实现就近接地,从而为用电设备提供稳定且安全的电力环境。

TN-S 系统的核心在于其独特的线路设计,即将工作零线(N)与保护零线(PE)完全分离。这种设计从根本上消除了因线路混用可能导致的安全隐患,如电流泄漏、漂移电压等问题。工作零线负责传输电流,而保护零线则专注于提供故障电流的快速回流路径,确保在发生接地故障时,故障电流能够迅速通过 PE 线返回电源,触发保护装置动作,切断故障回路。这一过程不仅迅速且可靠,有效降低了设备损坏和火灾风险。

为了量化 TN-S 系统的安全性能,我们可以引入接地电阻的概念。接地电阻是衡量接地系统性能的重要指标之一,其值越小,表示接地效果越好,系统安全性越高。根据国家标准,TN-S 系统的接地电阻通常要求小于 4 欧姆,确保在故障条件下,设备外壳上的电压能够迅速降至安全限值以下。

TN-S 系统因其卓越的安全性能,在各类对安全要求较高的场得到了广泛应用。商业建筑、住宅小区、医院、学校以及工业厂房等,均大量采用 TN-S 系统以确保电力供应的安全可靠^[2]。在这些场所中,电力设备的稳定运行不仅关系到人们日常生产和生活的正常进行,更直接影响到人员的人身安全。

1.4 IT 系统

IT 系统,亦称为隔离电源系统,是一种特殊的供电配置,其核心特征在于电源中性点未直接接地,或通过高阻抗接地。这种设计允许在发生单相接地故障时,系统能够暂时维持运行,直至维修完成,而不会立即引起系统断电。IT 系统广泛应用于对连续供电有严格要求的场合,如医院手术室、关键工业生产设施、矿井和军事基地等,因为这些地方不能承受任何突然的电力中断。

IT 系统之所以能在单相接地故障时保持运行,是因为在正常操作条件下,电源与大地之间保持着良好的绝缘状态。当发生单相接地故障时,系统中只会出现较小的容性电流,而非危险的故障电流,在非故障相影响下,电压不会升高。

医院手术室是一个典型的 IT 系统应用场景。在手术过程中,任何突然的电力中断都可能危及患者生命,因此采用 IT 系统可以提供不间断的电力供应,同时,由于系统能够容忍单相接地故障,从而降低了因电气故障引发的手术中断风险。国际上,如 IEC 60364 系列标准对 IT 系统的应用、设计和维护提供了详细的指导和要求,确保了系统在各种环境下的安全性和可靠性。

1.5 TT 系统

TT 系统,即电源中性点直接接地,而设备外壳也通过独立的接地极接地的供电系统^[3]。这种系统中,电源和设备的接地是彼此独立的,意味着即使发生接地故障,设备外壳上的电压也会通过低阻抗路径迅速泄放到大地上,从而保护人员免受电击伤害。

TT 系统的安全性主要依赖于快速的故障检测和断电机。当发生接地故障时,故障电流会流经设备外壳和接地极,触发断路器或熔断器的动作,迅速切断电源,避免人员接触到带电的设备外壳。为了确保这一过程的高效性,TT 系统中的接地极电阻必须保持在一个较低的水平,通常不超过 10 欧姆,保证故障电流足够大,能够激活保护设备,实现及时断电。(见表 1)

2 建筑电气接地系统的发展趋势

2.1 智能化与自动化

随着人工智能技术的不断发展,接地系统还能利用机器学习算法对监测数据进行分析 and 预测,提前发现潜在问题并及时处理,进一步提升系统的稳定性和可靠性。未来的建筑电气接地系统将更加智能化和自动化。通过采用先进的传感器和监测设备,系统能够实时监测接地电阻、接地电流等参数,自动调整接地系统的性能,适应不同环境和工作条件^[4]。智能化的接地系统能够通过网络与建筑管理系统相连,实现远程监控和故障诊断,提高系统的可靠性和安全性。

2.2 环保与节能

随着人们环保意识的提升,未来的建筑电气接地系统将着重于绿色和节能设计。如,利用环保材质及高效接地技术,减少接地系统的能耗并减小对环境的影响。优化地基设计与布局,缩短接地线路并减少材料使用,以此削减建筑开支和能源损耗。新型的接地系统还会考虑与可再生能源的结合,例如将太阳能板

表1 建筑电气接地系统的特点与技术要求

系统类别	描述	安全性	适用场景	标准与规范
TN-C 系统	简化线路布局, 减少成本和复杂性, 但存在安全隐患	依赖 PEN 线的连续性检查和 维护, IEC 建议 PEN 线 电阻小于 0.4 欧姆	适用于对成本 敏感的项目	IEC 60364-1
TN-C-S 系统	结合 TN-C 和 TN-S 系统的 优点, 平衡成本效率与 安全性能	内部采用 TN-S 模式, 即使外部 TN-C 段出现故障, 内部系统的 安全性能不受影响	适用于商业楼宇、居 民社区和工业厂房	IEC 60364-1
TN-S 系统	将工作零线 (N) 与保护零线 (PE) 完全分离, 提高系 统的安全性和可靠性	接地电阻通常要求小于 4 欧姆, 确保设备外壳上的 电压迅速降至安全限值以下	适用于对安全 要求较高的场所	IEC 60364-1
IT 系统	电源中性点未直接接地或通过 高阻抗接地, 适用于对连续 供电有严格要求的场合	系统能够容忍单相接地 故障, 直至维修完成	适用于医院手术室、 关键工业生产设施等	IEC 60364 系列标准
TT 系统	电源中性点直接接地, 设备外 壳也通过独立的接地极接地	依赖快速的故障检测和断电 机制, 接地极电阻通常 不超过 10 欧姆	适用于住宅和 小型商业建筑	BS 7671, NEC

与接地装置相融合, 实现能量的回收利用。并且, 在接地系统的制造和安装过程中, 也将遵循严格的环保标准, 降低碳排放, 为建筑行业的可持续发展贡献力量。

2.3 集成化与标准化

未来的建筑电气接地系统将迈向高度集成与标准化的方向发展。一体化设计融合了各种接地功能, 如保护、工作及防雷等, 旨在提升系统整体效能与稳定性。遵循国际和国家电气安全规范, 标准化系统旨在保障其安全性能及广泛的兼容性。如, 在大型商业综合体中, 集成化的接地系统能够统一管理不同区域的接地需求, 减少复杂的布线和设备重复。标准化的制定使得不同厂家的接地产品能够相互兼容, 方便维护和升级, 降低了系统的总成本。而且, 这也有利于在全球范围内推广和应用先进的接地技术。

2.4 安全性与可靠性

未来的建筑电气接地系统将更着重于强化安全与可靠性。利用创新科技和优质材质提升接地系统的效能与稳定性, 减少故障发生概率及安全风险^[5]。系统采用冗余设计, 内置故障自动切换机制, 一旦出现故障, 能立即启用备份系统, 确保电力供应的不间断和稳定性。除此之外, 通过大数据分析和智能预警技术, 能够提前预测可能出现的故障, 并及时进行维护和修复。加强对接地系统的定期检测和维护, 也是保障其安全性和可靠性的重要措施。

2.5 维护与监测

未来的建筑电气接地系统将着重强化维护与实时

监控。借助尖端的监控设备和技术, 系统能持续监控地基系统的运行效率与状态, 快速识别并解决可能的问题。系统集成自动警报与故障诊断功能, 旨在提升维护效率并增强系统稳定性。

3 结束语

接地是应用广泛的电气安全措施, 为了能够确保接地系统的正常运转, 需要对所出现的故障进行及时的处理。因此, 需要结合相关的设计需求, 明确电气接地系统的相关类别, 优先选择 TT 接地系统提升运行的安全性和可靠性, 另外, 还要确保操作的规范性, 减少安全事故的发生概率, 以此确保电气接地系统和相关设备的安全稳定运行。

参考文献:

- [1] 王涛. 建筑电气安装工程防雷接地系统施工技术要点分析[J]. 江西建材, 2023(09):264-265.
- [2] 李建明. 建筑电气低压配电接地系统探析[J]. 建材与装饰, 2022, 18(16):114-116.
- [3] 王慧. 基于建筑电气低压配电接地系统研究[J]. 数字化用户, 2024(47):59-60.
- [4] 谷志华. 建筑电气中的接地系统及其保护技术[J]. 数字化用户, 2024(05):67-68.
- [5] 王清超. 建筑电气安装接地施工技术研究[J]. 建材与装饰, 2022(02):18.