

# 220kV 架空线路与双重化保护技术

黎 卡

深圳市输变电工程有限公司, 广东 深圳 518055

**[摘要]**随着电力系统规模的不断扩大和电力设备的不断更新, 架空线路面临的挑战也日益复杂, 电力系统的高压等级和大容量传输使得对其安全性和可靠性提出更高的要求。与此同时, 电力系统还需应对各种外部干扰和突发事件, 包括雷击、故障、恶劣天气等, 这对系统的保护技术提出了更高的挑战。因此, 本篇文章探讨 220 kV 架空线路的双重化保护技术, 了解其在线路故障保护、设备保护、智能调度与优化以及抗干扰性能等方面的应用。

**[关键词]**220kV 架空线路; 双重化保护; 传输能力

DOI: 10.33142/hst.v6i10.10558

中图分类号: TM773

文献标识码: A

## 220kV Overhead Lines and Dual Protection Technology

LI Ka

Shenzhen Power Transmission and Transformation Engineering Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518055, China

**Abstract:** With the continuous expansion of the power system scale and the continuous updating of power equipment, the challenges faced by overhead lines are becoming increasingly complex. The high voltage level and large capacity transmission of the power system pose higher requirements for its safety and reliability. At the same time, the power system also needs to deal with various external disturbances and emergencies, including lightning strikes, faults, adverse weather, etc., which pose higher challenges to the protection technology of the system. Therefore, this article explores the dual protection technology of 220 kV overhead lines, understanding its applications in line fault protection, equipment protection, intelligent scheduling and optimization, and anti-interference performance.

**Keywords:** 220kV overhead lines; dual protection; transmission capacity

### 引言

随着社会的不断发展和电力需求的增加, 电力系统作为基础设施之一, 其安全性和稳定性显得尤为重要。在电力系统的各个组成部分中, 220 kV 架空线路作为电力传输的主要通道, 其稳定运行直接关系到电力供应的可靠性。因此, 为了提高 220 kV 架空线路的安全性和抗干扰性能, 采用先进的保护技术势在必行。

### 1 220kV 架空线路特点

#### 1.1 电压等级与传输能力

作为高电压输电系统的一部分, 220kV 电压等级的选择不仅考虑了经济效益, 兼顾了传输能力, 通过提高电压等级, 可以在减小传输损耗的同时, 提高系统的传输容量。然而, 这也带来了绝缘和保护系统的更高要求, 因此需要在设计和运营中综合考虑多方面因素。在电压等级的选择上, 除了传输能力的提升外, 还需综合考虑设备的制造成本、维护成本以及系统的稳定性。高电压等级通常可以提高传输效率, 但也伴随着对设备绝缘和保护的更高要求, 因此需要在经济性和可靠性之间取得平衡。

#### 1.2 线路结构与布局

220kV 架空线路的结构和布局在确保高效传输的同时, 还需要考虑安全性和可靠性。输电塔的结构和选用的材料直接影响线路的稳定性和承载能力, 合理的线路布局

旨在降低电磁干扰、减小传输损耗, 并保证线路在各种气象条件下的稳定运行<sup>[1]</sup>。在设计中, 需综合考虑地形、气候、风荷载等因素, 以确保线路在各种环境中都能够稳定运行。

#### 1.3 环境因素对线路性能的影响

环境因素对 220kV 架空线路的性能也有着重要影响。例如, 气象条件对导线的温度和电阻产生直接影响, 进而影响线路的传输能力和稳定性, 大风、冰雪等极端天气也可能导致导线振动、断线等故障, 因此在线路设计和维护中需要考虑这些因素。此外, 环境因素还与设备的耐久性和绝缘性能密切相关, 这对线路的长期运行和可靠性提出了更高的要求。

### 2 架空线路的组成和工作原理

#### 2.1 输电塔结构与材料

输电塔通常采用角钢或工字钢焊接而成, 这样的结构能够提供足够的强度和稳定性, 以承受线路上的重大荷载。输电塔的结构分为多个部分, 其中包括塔身、横担、绝缘子串、横担臂等。塔身是输电塔的主体, 由多个塔身组成整个塔架。横担位于塔身的上部, 负责承载导线。绝缘子串则用于隔离导线与输电塔之间, 以防止电流通过塔身流向地面。横担臂则连接在塔身上, 用于提供额外的支撑和稳定。输电塔的材料选择直接影响其性能和寿命, 常用的材料包括碳素结构钢、合金结构钢等, 这些材料具有高强度、良好的可焊性和机械性能。

## 2.2 导线类型与特性

导线是架空线路中负责电能传输的核心组件,不同类型的导线具有各自独特的特性,导线的选择直接影响着线路的性能、成本和可维护性。①铝导线是常见的选择之一,主要因其相对轻巧、成本较低而受到青睐,优势在于其轻量化,有助于减轻输电塔的荷载,降低系统的整体成本。然而,铝的机械强度较铜较低,因此在设计中需要更加谨慎,特别是在大风和冰雪等极端天气条件下。②铜导线因其较高的电导率和机械强度而备受重视。相对于铝,铜导线更为耐腐蚀,具有更好的导电性能,然而,铜的成本相对较高,且密度较大,因此在大跨越、长距离传输等情况下,可能会增加系统的整体成本<sup>[2]</sup>。③导线的横截面形状和尺寸直接影响其电阻和电感,导线越粗,其电阻越小,但同时也增加了材料成本。④在选择导线时,需要综合考虑传输距离、负荷要求、系统成本以及线路的可维护性,根据具体应用场景,可能需要进行成本效益分析,以确定最适合的导线类型。

## 2.3 地线与接地系统

接地系统的设计和地线的选择对于确保系统的安全性和可靠性至关重要。地线主要用于接地系统,是将系统中的电流引入地下,以防止电流对设备和人员造成危害,在正常情况下,地线处于悬空状态,不导电;而在系统发生故障时,地线将成为电流的回路,将电流安全地引入地下,防止电流对设备造成损害。地线通常采用优良的导电材料,例如铜或铝,能够在长期使用中保持良好的导电能力,地线的外层通常采用防腐材料,以保护其在潮湿和腐蚀性环境中的稳定性。接地系统由接地网和接地极组成,接地网是一组埋在地下金属导体,与地线连接,用于将电流均匀引入地下,接地极则是通过埋入地下的金属物体,通常采用螺栓或其他导电的连接方式,确保接地系统的导电性能。良好的接地系统有助于防止电压失控、减小对设备的损害、降低雷击风险,并确保系统的可靠运行。

## 2.4 输电线路的电磁特性

导线间距的大小影响电场的分布,而导线的相对位置和形状则影响磁场的分布,通过合理的设计,优化线路的布局,减小对周围设备和环境的电磁干扰。输电线路中产生的电磁波在空间中传播,了解电磁波的传播规律有助于优化线路的设计,降低对其他通信系统的干扰,确保电力系统和其他无线通信系统的运行,还有助于评估线路对人体健康的潜在影响。输电线路还考虑线路的绝缘、防腐等特性,特别是在潮湿、高温或低温等极端气候条件下,线路的电磁特性可能发生变化,因此需要在设计和维护中采取相应的措施,确保线路在各种环境中都能够稳定运行。

## 3 双重化保护技术的发展历程

### 3.1 保护技术的演进

随着电力系统规模的不断扩大和技术水平的提高,先进的保护技术不断涌现,差动保护、距离保护等高级技术应运而生,通过精确的故障定位和快速的切除故障部分,提高了

电力系统的灵敏度和响应速度。数字化保护设备的广泛应用,使得保护系统能够实现更精细的参数调整和实时监测,为系统提供了更为智能化的保护手段,不仅提高了系统的可靠性,还为电力系统的远程监控和智能化运维提供了坚实基础。

### 3.2 双重化保护概念的提出

双重化保护概念强调在保护系统中引入多层次的保护手段,以应对单一故障点或保护机制的失效,传统的保护系统可能在面对某些复杂故障模式时存在一定的盲区,而双重化保护的理念旨在通过多重机制的融合,提高系统对各类异常情况的适应性和响应能力。在双重化保护中,涉及到不同类型的保护设备的协同作用,还包括了不同保护原理的综合运用。例如,过电流保护与差动保护的双重化可以在故障发生时实现更加准确的故障定位,不仅提高了系统对故障的检测灵敏度,还大大减小了误动作的风险,从而增强了电力系统的鲁棒性。双重化保护概念的提出并不仅仅是技术上的创新,更是一种对电力系统安全的全新理念,即使在某一保护机制失效的情况下,系统仍能依赖其他保护手段确保安全运行,为电力系统的抗干扰性和稳定性提供了更为可靠的保障,使得系统在复杂运行环境中更具应变能力。

### 3.3 技术创新与应用推动

随着科技的不断发展,新材料的应用、数字化技术的普及以及通信技术的飞速发展,为保护技术注入了新的活力。数字继电器的出现使得保护系统具备更灵活、更精确的参数设置和故障定位能力,同时提高了对系统状态的实时监测水平,为系统的智能化和自适应提供了坚实基础,使得保护系统能够更好地适应电力系统日益复杂的运行环境。通过实现设备之间的实时通信,不同保护设备能够共享关键信息,协同应对系统异常,不仅提高了系统的整体抗干扰性,还为远程监控和智能调度提供了更多可能性,有效提升了电力系统的可管理性和可维护性。技术创新的推动不仅表现在硬件层面,还涉及到保护算法和策略的不断优化,先进的故障诊断算法和智能决策系统的应用使得保护系统能够更准确地判断系统状态,迅速做出响应。总之,技术创新与应用推动使得保护技术从传统的过电流和短路保护走向了数字化、智能化的时代。

## 4 220 kV 线路保护双重化标准

### 4.1 国家标准

在 220 kV 线路保护双重化标准方面,国家标准往往涉及到保护设备的技术规范、性能要求以及系统配置等方面的规定,通过国家标准的制定,能够实现在全国范围内对 220 kV 线路保护双重化的一致性要求,为系统的设计、建设和运行提供明确的指导。

### 4.2 国际标准

电力系统的国际化合作日益密切,因此,220 kV 线路保护双重化的国际标准显得尤为重要。国际标准的制定通常考虑了不同国家和地区的实际情况,促进了电力系统的互联互通,在 220 kV 线路保护方面,国际标准涵盖了

设备的技术规范、通信协议、故障处理等方面,使得不同国家和地区的电力系统能够更好地协同工作,共同提高系统的安全性和可靠性。

### 4.3 行业标准

电力行业标准是在特定行业范围内制定的,针对电力系统的特殊要求和特点进行规定,对于 220 kV 线路保护双重化而言,行业标准可能包括设备的选择原则、系统配置的建议、维护要求等内容。通过行业标准的制定,能够在行业内形成一致的技术规范,促进行业内部的技术交流与合作。

## 5 双重化保护技术在 220kV 系统中的应用

### 5.1 线路故障保护

在 220 kV 系统中,线路故障保护为了应对不同类型的线路故障,采用双重化保护技术成为一种有效的策略。差动保护与距离保护的双重化方案在线路故障保护中发挥着协同作用。首先,差动保护通过比较线路两端电流的差异,能够实时监测线路内部电流的分布情况,一旦发现电流异常,差动保护会立即作出响应,快速切断故障部分,有效避免故障扩大影响整个系统的风险,高速响应的特性使得差动保护在对抗线路内部短路等故障时表现得异常出色<sup>[3]</sup>。其次,通过测量电流信号的传播时间,可以精确定位故障发生的位置,距离保护在检测远端线路故障时显示出色的性能,能够准确判断线路故障位置并迅速采取措施,提高了系统对不同类型故障的适应性。双重化线路故障保护的的优势在于通过这两种机制的协同作用,系统能够在故障发生时实现更为准确和迅速地定位与切除,不仅提高了线路故障检测的准确性,也大幅度提高了系统的可靠性,确保电力系统在面对各类线路故障时能够迅速稳定运行。

### 5.2 设备保护

采用双重化保护技术对设备进行全面保护,包括过电流保护与差动保护的联合应用,以确保电力设备在各类故障情况下得到可靠的保护。过电流保护作为一种传统而可靠的保护手段,主要应对设备内部短路等故障,在过电流保护中,设定合理的电流阈值,一旦设备内部电流超过设定值,保护系统将迅速切断电路,隔离故障区域,防止故障扩大影响到整个系统。差动保护则通过比较设备两侧电流的差异来实现设备整体的差动保护,可以高效检测设备内部的任何异常电流流动,无论是由于故障还是设备损坏导致的电流不平衡,一旦差异超过设定阈值,差动保护将启动,迅速切断电路,确保设备在故障时得到及时隔离。双重化设备保护通过这两种保护手段的叠加应用,系统能够实现对设备的全面、高效保护,过电流保护强调了设备内部故障的快速定位与切除,而差动保护则强调了设备整体的安全保护,不仅提高了电力设备的可靠性,还降低了误报率,确保了设备在各类异常情况下的稳定运行。

### 5.3 智能调度与优化

在 220 kV 系统中,智能调度与优化是双重化保护技术的重要应用领域之一,通过整合智能化保护设备和优化算法,

使电力系统更加灵活智能,提高系统的稳定性和经济性。智能调度通过实时监测电力系统的运行状态,采集大量数据,并利用先进的数据分析技术,对系统进行动态评估。通过对电力系统负荷、电压、电流等参数的实时分析,系统能够更准确地了解当前运行状况,及时发现潜在问题,为系统的合理调度提供数据支持。通过对电力系统的拓扑结构、负荷分布等因素进行综合考虑,优化算法能够自动调整发电机的出力、设备的运行状态等,以降低系统运行的总成本,提高系统的能源利用效率。双重化保护技术在智能调度与优化中的应用,主要体现在两个方面。一方面,双重化保护设备提供了更加精准的实时数据,为优化算法的输入提供了更为准确的基础。另一方面,当系统出现故障或异常时,双重化保护技术通过快速的响应和准确的定位,为智能调度提供了及时的故障信息,使系统能够迅速调整运行状态,降低故障对系统的影响。

### 5.4 抗干扰性能

双重化保护技术在提高系统抗干扰性能方面发挥着关键作用,通过多层次的保护手段确保系统能够在复杂电磁环境中稳定运行。差动保护是基于对比线路两端电流的差异来判断设备状态的,因此对于来自系统外部的电磁干扰具有较高的抵抗能力,因为电磁干扰对于整个线路的两端电流都产生影响,而由于差动保护是通过对比两端电流的差异进行判断,使得系统更具鲁棒性。数字化保护设备具备更高的信号处理能力和抗干扰能力,能够通过滤波和信号处理技术削弱来自外部的通信干扰,确保保护系统的正常运行。此外,数字化设备之间的通信采用先进的通信协议,具备较高的抗干扰能力,保障了设备之间的信息传递的可靠性。双重化保护技术通过差动保护和数字化设备的协同作用,提高了系统对外部干扰的适应性和抗扰能力,不仅确保了系统在面对电磁环境的变化时的稳定运行,同时提高了系统的可靠性和可用性,为电力系统提供了更为健壮的保护机制。

## 6 结语

随着电力系统的不断发展和电能需求的增长,220 kV 架空线路的安全稳定运行变得愈发关键。双重化保护技术作为电力系统安全性和可靠性的重要保障手段,为电力系统的未来发展奠定了坚实基础。通过对其深入理解与应用,我们将能够更好地应对电力系统面临的复杂挑战,推动电力领域的持续创新和进步。

### [参考文献]

- [1]郭乃畅.基于“就地型馈线自动化+保护级差”的 10 kV 架空线路保护模式[J].农村电气化,2021(9):28-29.
- [2]胡锦涛.220kV 输电线路综合防雷技术探究[J].模具制造,2023,23(9):256-258.
- [3]于周杰.架空线路接续管及其保护试验装置的研制[J].电气传动自动化,2023,45(4):46-49.

作者简介:黎卡(1986.4—),男,广东高州人,广东工业大学电气工程及其自动化专业,深圳市输变电工程有限公司技术专家,高级工程师(副高级)。