

Application of electric arc light protection of 6kV switchgear

Shibin Ma

Huadian Qingdao Power Generation Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266031, China

Abstract

When the arc fault occurs in the power system, the arc light protection device can quickly detect the arc caused by the fault or misoperation within the equipment, and combined with the fault current criterion, quickly curb the fault arc, significantly reduce the personal injury, reduce the damage to the equipment, and reduce the damage caused by the high temperature arc. As a special protection device for medium voltage bus, arc light protection has simple principle, low cost, and is fully suitable for medium voltage bus protection from 6kV to 35kV, which provides a protection device outside the scope of conventional relay protection, and improves the reliability and safety of power supply.

Keywords

medium voltage switchgear, bus protection; arc short circuit; arc protection

6kV 开关柜电弧光保护的应用

马世滨

华电青岛发电有限公司, 中国·山东 青岛 266031

摘 要

电弧光保护装置在电力系统发生电弧故障时,能够迅速地探测到设备内部因故障或误操作产生的电弧,并结合故障电流判据,迅速遏制故障电弧,明显减轻对人身伤害,降低对设备的损害,减小因高温电弧导致的破坏。电弧光保护作为中压母线的专用保护装置,其原理简单、成本较低、且完全适用于6kV到35kV的中压专用母线保护,提供了常规继电保护范围之外的保护装置,提高供电可靠性和安全性。

关键词

中压开关柜、母线保护;弧光短路;电弧光保护

1 引言

随着我国电力行业的迅猛发展,中、低压开关柜的使用数量持续攀升,中、低压母线故障频发,特别是由开关柜弧光短路引发的事故,造成了大量设备损坏和人身伤害。鉴于此,用户对电力供应的稳定性和安全性需求日益增长,电弧光保护装置在我国的电力系统中得到了普遍采纳。

2 开关柜内部电弧光产生的原因

电力系统中压母线设备的故障率远高于高压母线和超高压母线,因其设备多且频繁操作,产生机械磨损;因运行环境差、设备维护周期及使用周期长,出线绝缘老化;因中压开关设备的制造工艺质量差、安装标准低,盘柜封堵不严,小动物侵入等。引发中压开关柜弧光短路故障大致可以归为以下几类:

断路器主触头及母线、电缆压接面接触不良;断路器

动静触头接触不良、母排连接或电缆接头处紧固螺栓松动,导致接头和压接处的接触面积不足等问题,在大电流作用下会导致触头或接头发热、过热,最终引起相间或相对地击穿。

绝缘问题:中压开关设备年久失修,灰尘、污秽积聚,在潮湿天气等恶劣环境下,因柜内绝缘材料的爬电距离不足,造成相地或相间放电,发生绝缘故障。使用年限较长的开关柜,长期频繁操作的机械磨损、绝缘老化等也会导致绝缘损坏,引发绝缘故障。

外来导体侵入:例如开关柜封堵不严,导致老鼠、鸟类等小动物进入,或检修人员在工作结束后将工具遗留在柜内,或试验完毕后未拆除试验导线等。

人为误操作:如走错设备间隔、误操作、图省事违章操作、工作前未验电、未对检修部分区域进行接地等。

系统或自然灾害因素:如系统扩容、运行方式改变、二次保护及自动装置设置不当、雷电侵入时引起的谐振过电压等。

3 电弧光故障的危害

短路故障电弧的温度可飙升至 20000℃,电弧周围空气

【作者简介】马世滨(1975-),男,本科,高级技师,从事电气专业检修、维护、燃机项目电气专业建设等研究。

受热膨胀，高温高压在开关柜内部狭小的空间迅速聚集，向外扩散，短路功率可达到近 60 兆瓦。

3.1 弧光故障对人的危害

(1) 因电弧爆炸引发的烧伤最为严重，电弧的高温 and 热能辐射将金属熔化，金属颗粒飞溅伤人以及普通衣物迅速引燃后的烧伤；

(2) 弧光的亮度大约为 100000 雷克斯，相比之下，人眼能承受的最大亮度约为 300 雷克斯。直接凝视会烧损眼角膜、刺伤眼睛，产生结膜充血、畏光、流眼泪等不适症状。

(3) 弧光导致周围的空气产生有毒有害气体伤害人体呼吸系统；

(4) 电爆产生的巨大能量会造成人身致命的伤害，电爆时产生的巨响严重影响人的听觉系统；

3.2 弧光故障对开关柜设备的危害

中压开关柜内部发生弧光短路故障时，因电弧电阻的存在，短路电流通常无法达到常规保护过流速断设定值，因此故障无法迅速切断。持续燃烧的电弧会释放出巨大的能量，导致开关柜严重烧毁，引发无法修复的后果。若开关柜的弧光短路故障未被迅速消除，可能会演变成母线故障，其带来的危害极为严重。这可能导致关键设备停电、厂用电及站用电系统崩溃、甚至在设备密封不严等情况下，烧损领进盘柜扩大事故。因大短路电流冲击损坏变压器的事件也时有发生，造成了巨大的经济损失。

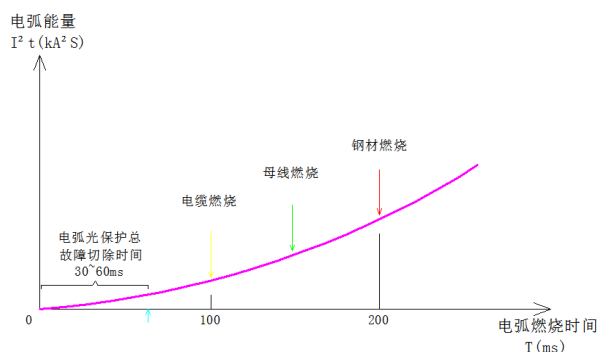


图 1 电弧光的危害示意图

如图 1 所示，电弧燃烧的能量主要取决于其燃烧的持续时间和故障电流的大小。一旦超过 100 毫秒，产生的能量会迅速上升，随后导致开关柜内的母线、电缆和钢板等遭受严重破坏。

以下内容介绍了不同燃弧时间对设备损害程度的国外资料：

35 毫秒：未见明显损害，通常在确认绝缘电阻无异常后即可重新启用；

100 毫秒：损害程度较轻，开关柜重启前需进行小规模修理和清洁；

500 毫秒：设备受损极为严重，现场人员亦遭受重大伤害，必须更换部分设备后才能重新投入使用。

4 弧光保护系统原理与组成

4.1 保护原理

弧光保护装置动作发信和出口跳闸的判定依据主要是弧光和过电流（其中弧光增量动作判定辅以电流增量动作判定）。若电流增量和弧光增量只监测到其一，则不会发出跳闸指令，仅发出报警信号提示。

只有当弧光和过电流的故障判定条件都得到满足时，才会出口跳闸；

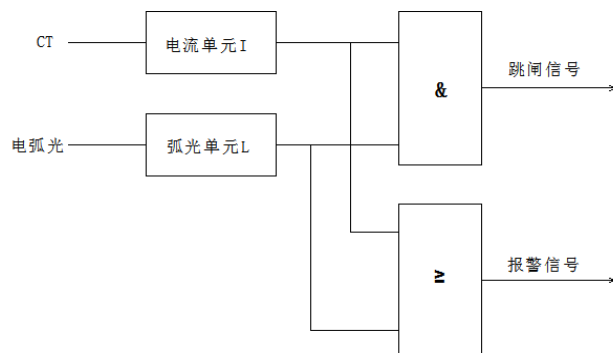


图 2 弧光保护原理示意图

电弧光保护系统的故障切除总时间为 80~100 毫秒（含开关机构动作时间），能够有效避免设备受弧光危害而损坏。如图 2 所示，经电流互感器来的 CT 信号和弧光 L 信号任一一个满足时，至或门（≥）发出报警信号；当两个判据同时满足时，至与门（&）输出跳闸信号，动作与开关跳闸^[1]。

4.2 保护组成

(1) 主控系统：布置在进线电源开关柜内，是弧光保护的控制中心，收集弧光单元及过流单元的动作信号，进行数据处理判断，主控系统负责监管和控制整个电弧光保护系统的运作，实现保护发出报警或输出跳闸指令。

(2) 保护装置电源系统：弧光保护系统设置独立电源，该电源为整个系统提供工作电源。

(3) 弧光辅助检测单元：负责接收来自弧光传感器的动作信号，并利用光纤将这些信号传输至主控系统。通过拨码开关和电位计等设备，可以调整设定特定的地址和光感强度。一旦出现弧光故障，主控单元会立即显示相应的地址编号，从而帮助快速识别和解决故障问题。

(4) 电流检测辅助单元：通常在电源开关进线柜内安装一只电流单元，电流单元用于检测 A、B、C 三相过电流信号，主控系统接收传输信号后，根据预设的逻辑（即定值），迅速判定是否发出报警或执行跳闸操作（过流整定范围允许自定义）。

(5) 弧光检测传感器：是探测弧光的无源光感元器件，分散布置在中压开关柜的开关仓、母线仓以及电缆仓内，为弧光终端检测元件。当发生弧光故障时，光强度大幅增加，弧光传感器直接将光信号传输给主控系统或弧光单元。

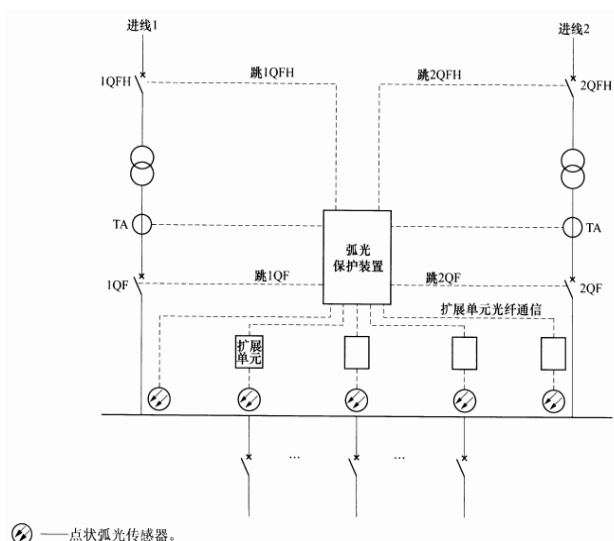


图3 单母线不分段弧光保护配置图

5 弧光保护的应用

我国首套电弧光保护设备于 1995 年引进 ABB 公司研发的 REA10 系列电弧光保护。次年便颁布了三项标准: NB/T 42076-2016《弧光保护装置选用导则》、GB/T 14598.302-2016《弧光保护装置技术要求》以及 DL/T 1504-2016《弧光保护装置通用技术条件》。并对弧光保护装置的核心技术参数及应用原则有了明确统一有要求,使元件制造厂家有了统一标准,设计人员有了选型依据^[2]。

自 1997 年起，澳大利亚 RIZNER 公司的弧光保护产品 EagleEye，推出后便获得成功，并广泛使用在挪威、瑞典、芬兰以及俄罗斯等国家的电力系统中。国内 2005 年在浙江兰溪电厂 4*600MW 机组输煤系统厂用电开关柜上首次使用该产品。芬兰 VAMP 公司弧光保护产品已有超过 1000 套在 20 多个国家中低压开关柜投运。

目前国内市场上进口与国产的弧光保护装置品牌众多，进口品牌有芬兰 VAMP（万博）公司 RHDHG、芬兰 UTU 公司 Falcon、美国托诺 TAP300 系列、澳大利亚 RIZNER（瑞

胜)公司 EagleEye、蒂森克罗德 TYSN-KLD、ABB 公司 TVOC-2 系列、英国 OCUS 系列等,国产品牌主要有南瑞继保、南京弘毅 DPR361ARC 系列,南京益瑞电气,杭州瑞圣等。

华电安徽芜湖发电有限公司一期 2008 年主厂房中压开关柜配置了芬兰 VAMP 公司弧光保护、二期 2018 年主厂房中压开关柜配置了美国托诺 TAP300 系列弧光保护，投运至今未发生过误报警或误动作现象，基本未更换过备品备件。华电邹县电厂 2*1000MW 机组主厂房中压开关柜采用芬兰 VAMP 公司生产的 VAMP 221+VAM 4C 型装置，投运至今运行良好。

2010年4月22日(雷雨天气),南网广东茂名的110kV变电站10kV母线电压互感器柜的避雷器A相发生了爆炸,因弧光导致了三相短路故障。RIZNER弧光保护迅速响应,1号主变低压侧的501开关在50毫秒内跳闸,成功防止了故障的进一步扩大。早在2010年,云南电网便发布了《关于在中低压开关柜加装电弧光保护的通知》,通知中详尽地描述了安装方案以及具体的要求^[3]。

6 结语

中低压开关柜故障特性催生了电弧光保护系统，该系统设计简洁、反应迅速且稳定，对电气设备无特殊要求，适用于多种运行方式，并且在不同方式下无需切换和更改保护设置。随着对电弧光故障认识的深入，人们意识到在最短的时间内迅速切断弧光短路故障至关重要。因此，在发生弧光短路故障时只有响应速度更快的电弧光保护系统才能更有效地保障设备和人身安全。在今后的工程中，其应用必将更加广泛。

参考文献

- [1] GB_T 14598.302-2016 弧光保护装置技术要求[S].
- [2] 厉海斌.浙能阿克苏热电6 kV母线弧光保护定值整定计算[J].科技创新与应用,2022,12(29):121-125.
- [3] 于文涛,张明磊,杨玉柱.配电系统中低压母线电弧光保护的工程应用[J].安徽电力,2012,29(2):3.