

[电弧光保护]

6 kV脱硫除尘配电系统弧光保护和快切的应用

文/大连神通电气有限公司 丛 羊 雷宏艳

随着我国电力系统的不断发展，中低压配电系统如何能做到智能、安全和可靠的供电是目前的主要研究方向，也是现阶段我国电力系统需要提高重视的方面。以6 kV脱硫除尘配电系统为例，具体阐述电弧光保护系统和双母线快切装置配合使用，最大限度地减少母线弧光的危害，加强对操作人员、用电设备的保护。

目前，在中低压配电系统（35 kV及以下电压等级）中，由于母线故障而发生的人员伤亡和设备损坏等案例时有发生，虽然随着制造技术的不断提升，事故率有所降低，但还是没有整体形成安全、稳定和可靠的配电系统。由于在系统设计的过程中对母线的保护不够重视，而且目前国内没有强制性的设计规范要求必须增设母线保护装置，这与欧洲、北美和俄罗斯等国家相比差距较大，这些国家因各政府部门的监督与管控，增设母线保护装置已超出95%。

现今较为先进的技术为配备电弧光保护装置，此种装置已广泛应用于电力系统中，无论是故障处理速度、弧光故障识别和定位技术，都相比传统的保护措施有较大的提升。目前最快的装置发出系统跳闸信号可达到1 ms以内，可以快速准确地切除故障。另外，在母线发生故障时造成瞬时停电或电网不稳定、短时断电等现象，对某些生产设备及生产流程也会造成较大的影响和损失，为了保证供电系统的稳定性，采用双母线快切方案实现供电电源的快速安全切换，有效避免，对设备产生较大冲击。

电弧光保护分析

1. 电弧光故障的产生与危害

在我国电力系统中，中低压母线一般不装设母

线保护，导致近年来多次出现人员被电弧击伤和设备烧毁等不同程度的电网事故。据统计，每年开关柜因母线短路故障而损坏的概率达到了0.7%，甚至更为严重的是已经对输电网造成了一定程度的影响。

造成中低压开关柜弧光产生的因素一般包括人为因素、设备材料因素和环境因素等。虽然开关柜在设计中已经对抽出式手车、柜门、接地开关和电磁锁等设置了机械和电气的联锁控制，但还是会出现因操作人员的误操作、遗漏工具和缺乏专业技能等因素造成的短路事故。另外，材料的绝缘老化和机械的磨损，温湿度变化导致绝缘材料受潮，设备表面产生凝露或附着污秽，导致设备绝缘水平下降造成事故。

以上的种种现象都会导致柜内母线电弧的产生，电弧故障的危害程度取决于电弧电流和切除时间的长短，电弧产生的能量与短路电流呈指数规律急速上升，燃烧速度能达到300 m/s，且能燃烧任何物质，比如铜排电缆熔毁、开关设备爆炸、灼伤皮肤、刺伤眼睛、有毒气体损伤呼吸道及爆破音损坏听力，甚至人员伤亡等事故。

2. 电弧光保护装置的优点

据有关资料显示，只有将弧光故障时间控制在85 ms以下，才可以保证开关设备不受损害，操作

人员免遭伤亡，但就传统的保护方案来看，并不能实现这一快切功能。比如变压器后备过电流保护，跳闸时间为1.2~1.4 s；微机过电流保护速度已相对较快，但只能达到300~400 ms，仍差距很大；高阻抗母线差动保护时间为35~60 ms，虽然时间满足，但接线复杂，对CT的要求高，价格昂贵，仍然不是设计的优选方案。所以，传统的母线保护方案不能满足快速切除电弧故障的要求。

近年来不同品牌的电弧光保护装置脱颖而出，在解决中低压母线故障问题上发挥出显著作用，通过检测弧光与故障电流，将总故障切除时间控制在开关设备可承受燃弧的时间内，将弧光短路产生的危害降到很低，并能够实时记录弧光故障的位置，为故障的快速处理提供有效信息。

3. 电弧光保护装置的应用

本项目为我公司为俄罗斯MMK公司2#烧结厂烟气脱硫改造设计的配电系统，其设计规范要求必须增设母线保护装置，选用目前技术水平先进的芬兰UTU公司的电弧光保护系统。此产品最大的优势就是可以将跳闸信号传至断路器的时间控制在1 ms以内，这一技术远远超过了其他品牌的同类产品，并且在不同的开关位置配置电弧光保护装置时，能够编制不同的跳闸逻辑动作功能，使整个故障检测系统更加有针对性、准确性。

UTU公司的电弧光系统包括主控单元（UTU Falcon Main Unit）、电流单元（CR）、电流扩展单元（CR-PLUS）、电源模块（UNIT）、弧光检测单元（ARC）、光纤光带（Photoelectrical Cable）、弧光探头（Filtered Light Sensor）和数据传输电缆（Data Transmission Cable）。

如图1所示，主控单元为系统的核心，通过光纤与弧光检测单元和电流单元相连，必须在弧光和过电流信号同时发生时，装置才会在1 ms内发出跳闸信号，如果只有弧光产生，那么只会主单元上发出报警提示，不会有跳闸动作。弧光的检测需要通过安装在各个母线隔室内的弧光探头来完成，开关跳闸后可根据系统显示的弧光信号查找相关桥臂，检修故障元件。探头与各单元之间采用光纤连接，这样不但提高了传输速度，还起到了良好的抗干扰作用。系统的光灵敏度应根据不同的开关柜和周围的环境调节至适当的等级，比如太阳光、维修灯和电焊等都会有不同程度的影响，一般设置为30 000 lx左右能保证系统的正常运行。

本系统在安装完成后或者定期维修时可进行功能测试，包括控制单元的自检功能、过电流模拟输入检测、通过模拟光或者闪光灯测试弧光传感器和检测单元等功能。

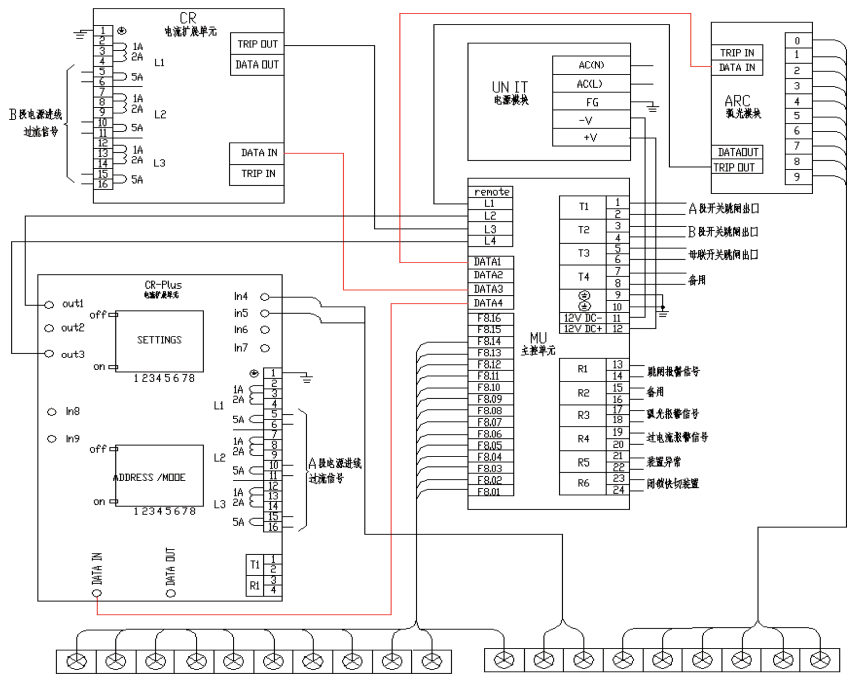


图1 电弧光装置网络图

快切装置的应用

1. 快切装置的选择

本配电系统设有两段母线供电，主要考虑到脱硫除尘设备及工艺流程的特殊性，需要保证整个工厂的不间断供电，所以选用快切装置来保证电源快速切换，以防生产设备的停运、工艺流程中断或者设备的报废等严重后果。传统的备自投装置已逐渐退出了配电系统，主要原因是没有针对工业需要和特点进行设计，动作时间长达1~2 s。在电动机已完全失电压至无电压后，再起动机没有考虑保护启动和失电启动以及对母线的残压、频率和相位实时跟踪，感应电动机失电压后反馈电压下降较慢，再次上电后由于反相和相位差大产生较大冲击电流，在这些因素的影响下，备自投必须要将切换时间延长，所以不可能实现快切的效果。

2. 快切装置的优点

选用金智科技的MFC5103快切装置，对高压母线的各参数实时监控，提供多种启动方式和切换方式，能够保证快速可靠地投入备用电源，保护电动机的启动。硬件采用新型的DSP+ARM+CPLD硬件平台提高精度，而且还设计了抗干扰措施。装置提供了快速合闸方案，既能保证电动机的安全又能保证转速损失较小，冲击电流也不大。频差调整为1.0~1.5 Hz，相差设定为

$$\Delta\varphi+360\times\Delta fT_{cb}\leq 63$$

式中， $\Delta\varphi$ 为相差定值； Δf 为实际频差； T_{cb} 为备用开关的合闸时间； 63° 为允许合闸极限角，此值一般为 $20^\circ\sim 45^\circ$ 。在实际应用中，能否实现快速合闸，要比较两段母线的初始相位差、备用断路器的固有合闸时间以及负载情况。快速合闸必须保证压差、频差和相差都小于并联切换的相应数值。在不满足此方案时则使用同期捕捉合闸，此后备方案是实时跟踪母线残压和备用电压的频差角差，以同相点为合闸目标，弥补了前者的不足之处。在实际调整后，可以做到在过零点附近较小范围内合闸，在母线电压65%~75%时完成切换，同样能满足电动机失速较小完成自启动的要求，冲击电流仍然很小，对用电设备和配线系统同样起到了有效的保护。

结束语

通过配备先进的电弧光保护和快切装置，弥补了传统设计的技术缺陷，提高了中低压配电系统的保护级别，并且随着自动化控制的引进，系统能够智能地将母线故障切除及电源的可靠切换，减少或避免了由于母线故障而造成的人员伤亡和用电设备的损坏，为工业生产提供了安全的保障。EA

(收稿日期：2021-08-20)

(上接第33页)

式(1)~式(3)即为光纤光栅传感的基本原理。根据这一原理，运用到工程实际中，采用光纤光栅作为敏感元件，在电缆接头处嵌入光纤光栅，利用光纤光栅的高灵敏度、高感知力，实现对高压电缆接头内部温度、应力和振动状态的实时监测，对异常状态点进行定位。同时利用光纤的通信功能，可实现与调度中心的点对点通信。实现运营单位对高压电缆状态的实时观测，做到及时掌握现场状态，发现故障。从而可对高压电缆进行预见性维修和对设备全生命周期的管理。

结束语

利用光纤光栅反射中心波长的变化获知的光纤

光栅处的温度场信息，在一个特定的光谱范围内，不同波长值的光纤光栅能实现分布式组网测量的原理，可组成高压电缆在线温度监测系统。将高压电缆接头进行合理改造，使光纤光栅传感器具备连接条件，用于搭建和感知网络。通过内置光纤光栅传感器对高压电缆的关键部位进行温度参数的实时监测，及时发现高压电缆运行中的安全隐患，找出潜伏故障的可能，做到对其进行预见性维修和对设备全生命周期的管理，保证牵引供电系统安全运行，最大限度地减少对运输的干扰。EA

(收稿日期：2021-12-06)