

[开关设备]

10 kV开关柜电弧故障的主动防护实现

文/国网冀北电力有限公司承德供电公司 肖立

10 kV开关柜电弧故障的传统解决方法，如电流式保护和弧光保护，存在着动作时间长、方案复杂等问题。应用了一种弧光保护系统，通过弧光检测和过电流检测双判据原理，缩短了从弧光故障到出口报警跳闸时间，为开关柜、母线和各种变流设备提供全面、主动和快速的保护。

中低压系统多使用封闭式的中置柜，再以电缆引出，操作频繁，运行电流大，故障过电压高。近几年常有开关柜或母线因绝缘损坏、操作失误或者设备老化等原因产生弧光而被烧毁的事故，甚至造成重大的经济损失和人员伤害。继电保护领域微机保护技术的发展，使得110 kV及以上电压等级的供电系统已有比较成熟的保护措施。而弧光短路作为中、低压开关柜内部最严重的故障之一，由于电弧电阻的原因，短路电流往往达不到过电流、速断整定值而不能快速动作切断故障，导致电弧持续燃烧释放出巨大的能量，造成严重的损失。因此，一种中压母线的快速保护方案非常必要。为解决这个问题，国内外一些专家学者根据弧光短路时产生的大电流和高强度弧光两个特性，提出了电弧光保护。提出并研发的弧光保护系统，采用弧光检测和过电流检测双判据原理，综合弧光保护和高速通信网络技术，吸收弧光保护、失灵保护和电流保护的特点，从光纤弧光传感器检测到故障电弧光，到出口报警跳闸的时间小于4 ms，远远快于传统的继电保护装置。但是随着新能源尤其是风电的广泛应用，把更多的分布式发电并入分布式电网中已经目前的发展重点和未来发展的趋势。最新的中小型风电和太阳能发电技术也使得这种方式成为可能。

电弧故障实例分析

某工厂的电气系统电压等级为10 kV，双母线

接线，自成孤网运行。运行中发出一声巨响，随后机组DCS系统计算机及前显示屏闪烁，厂用电中断，机组跳闸停机，发电机出口开关柜爆炸，柜门向外打开，柜内冒出浓烟。

1. 保护动作分析

检查差动保护电流互感器，中性点侧变流比5 000/5，机端变流比5 000/1、5 000/5。发电机保护CT变流比5 000/5。在10 kV的Ⅲ段母线电压互感器柜装设的消弧及过电压保护装置中检查发现，事故发生时先后依次报出C相金属接地、C相弧光接地的事故报文。

由事故报告可以看出，首先是电抗器差动保护动作，机组出口断路器及灭磁开关分闸。但是由于故障点位于开关靠近机组侧，当灭磁开关分闸后，发电机电压按照指数曲线衰减，在这一过程中，发电机持续供给故障点电流，从而导致发电机过电流保护动作。故障前为正常负荷性穿越电流，事故后为流向故障点的短路电流，电流相位相反，可以判断故障为差动保护区内故障，保护正确动作。

2. C相接地原因分析

检查保护动作时的电压波形可见在电抗器差动保护动作前，首先是10 kV母线存在C相接地，发展为C相弧光接地。弧光产生的一个明显特征是间歇性放电，电压间歇性升高，保护记录的C相电压波形符合这一特征。保护装置记录的电压波形过程与消弧装置动作报告相一致，时间也吻合，说

明是同一现象。可以看出,在C相发生弧光放电的同时,发生了BC相弧光短路。由于C相弧光接地瞬时发展为BC相间弧光短路,消弧过电压装置来不及动作,无法起到消除C相接地弧光的作用。

3. 存在问题和保护方案的缺陷

故障暴露出了以下几个问题。

- 1) 配电设备开关柜绝缘薄弱。
- 2) 主变压器抗短路能力差。
- 3) 由于许多用户停产,线路不运行,消弧线圈容量不匹配,未及时调整投运。

4) 对运行方式和保护时限的压缩研究不深入。

5) 弧光短路故障没有得到足够重视。

由于典型的故障切除时间分别为1.0~1.4 s、350~450 ms和50~65 ms,而现有保护方案的切除时间均大于50 ms,导致电弧故障产生的压力效应已经达到最大值,热效应也对柜内设备造成较大破坏,造成了比较严重的损失。

主动型弧光保护系统

1. 主动型弧光保护系统组成

主动型弧光保护系统是一个模块化系统,包括主控单元、电流单元、弧光单元和弧光传感器,系统组成示意图如下图所示。

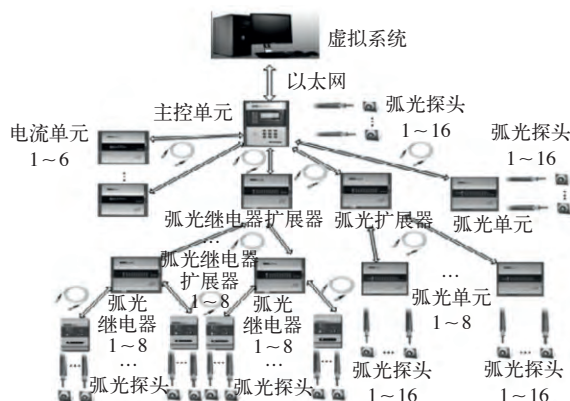


图 主动型弧光保护系统组成

主控单元是系统的核心部件,负责输入量的采集、计算及逻辑判断,实现系统的各项保护逻辑、与站内监控系统通信、自检及其他辅助功能。主控单元包含电流检测和断路器失灵保护,对短路电流和弧光传感器动作信息进行处理、判断,当同时检测到弧光和过电流时,发出跳闸指令切断故障点。如果进线断路器未能动作切除故障,断路器失灵保护逻辑启动,发出跳闸指令给上级断路器切除故障。主控单元还根据辅助单元传送的弧光传感器动作信息和温度传感器测量

的温度,提供弧光故障点的定位信息。

电流单元用于检测三相电流信号,安装在进线电源开关柜中,可就地采集3路电流信息,配置2路快速继电器、3路常规继电器用于系统就地跳闸或就近跳闸。通过光缆与主控单元高速通信,将就地采集的进线电源电流信息实时传送到主控单元,主控单元依据设定的逻辑判断是否发出跳闸命令。每个主控单元最多可以连接6个电流单元,提高了系统的扩展性和适用性。

弧光单元安装在需要保护的位置附近,收集弧光探头的动作信息并传送给主控单元,在主控单元上显示弧光单元和弧光探头的地址编号,有利于及时检修和排除故障。主控单元自带16个弧光专用检测口,不够用时可使用弧光单元,每个主控单元可连接2个弧光扩展器,每个弧光扩展器可接入8个弧光单元,每个弧光单元可接入16个弧光传感器。

弧光传感器为光感应元件,在发生弧光故障时检测突然增加的光强,并通过专用光纤将光信号传送给弧光单元或主控单元。系统配置模块化,可组成只有一个主控单元的简单系统,或包含多个单元能用于选择性电弧光保护的复杂系统,满足了不同场合的弧光保护需求。

2. 系统工作原理

主控单元保护逻辑。母线配置的弧光探头直接连接主控单元,主控单元收到弧光继电器已动作信号后,若弧光继电器所属区域电源点相电流判据满足或零序电压判据满足并且母线弧光传感器动作,则主控单元根据整定的逻辑跳主变低压侧开关、分段开关,只检测到弧光信号时发报警信号。

弧光继电器保护逻辑。电缆室、开关室弧光传感器直接接至弧光继电器,当弧光继电器检测到本装置检测的弧光传感器动作,且满足电流判据时,快速动作出口跳本断路器,并发送该弧光继电器动作信号至主控单元,作为主控单元逻辑判断的辅助判据,若只有弧光传感器动作,则发告警信号。

结束语

目前,主动型电弧故障保护装置已经成功应用于本110 kV变电站的10 kV W1、W2母线开关柜,实现了对母线及母线至馈线电流互感器之间发生的短路电弧故障的有效防护,并逐渐推广到6 kV和35 kV开关柜,进一步提高开关柜内部电弧防护的水平。EA

(收稿日期:2016.08.05)

(编辑:刘群点)