

中低压母线电弧光保护设计与应用

牛洪海, 严伟, 王杰

(南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102)

摘要:分析了中低压开关柜、母线装设电弧光保护的必要性,并结合 PCS-9656 电弧光保护装置介绍了电弧光保护装置的设计原理和关键技术以及电弧光保护的具体应用。试验及现场运行表明,电弧光保护装置可以快速准确地毫秒级切除母线和开关柜故障,保护母线和开关柜的安全。

关键词:弧光保护;光度学余弦原理;无源光传感器;工频变化量

中图分类号: TM77

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2014)01-0056-04

目前我国电网结构中的中压系统,即 35 kV 及以下电压等级,大多使用封闭式的中置柜以电缆引出,由于出线多,操作频繁,运行电流大,故障过电压高,设备安全距离与高压设备相比有差距,制造质量近年来有下降趋势,短路事故几率较高。柜内母线故障的后果是其产生的气体急剧膨胀造成开关柜爆炸,电弧高温导致铜排、铝排、电缆烧毁,开关设备强烈震动,导致固定件松动,高温、强光、有害气体、碎片飞溅、爆炸声等会造成人员伤害。由于目前继电保护规程中,中、低压母线未要求配置专用母线保护,针对上述情况,传统解决办法^[1]包括:(1) 变压器后备过流保护:考虑整定配合,保护整定时间一般为 1.0 s 以上,切除时间长,设备损伤程度大,甚至烧毁,影响生产运营;(2) 采用馈线过流元件反向闭锁进线的过流保护,保护整定时间为 100 ms,但接线施工复杂,增加二次电缆投资;(3) 母线电流差动保护,动作速度快,但由于总体投资大,且柜体安装空间小,安装困难;此外由于电流互感器(TA)易饱和,且装置支路数量很难满足间隔众多的要求,使得母差保护应用受限。

为了保证变压器及母线开关设备的安全运行,根据继电保护快速性的要求,迫切需要配置专用中低压母线保护。电弧光保护系统可在中、低压母线发生短路故障时快速切除故障,使设备免于遭受结构性损伤。在开关柜内加装电弧光保护装置,当柜内有微小弧光时,可迅速切断所有运行开关,将故障限定在最小范围内,尽可能减小损失^[2]。国外著名的开关柜生产厂家,如 ABB 等,其中低压开关柜均有配套使用电弧光保护系统^[3]。以南京南瑞继保电气有限公司的 PCS-9656 电弧光保护装置为例,讨论分析电弧光保护装置的设计原理、关键技术及应用。

1 系统基本构成

电弧光保护系统如图 1 所示,包括弧光传感器、

传输光纤、电弧光保护装置。

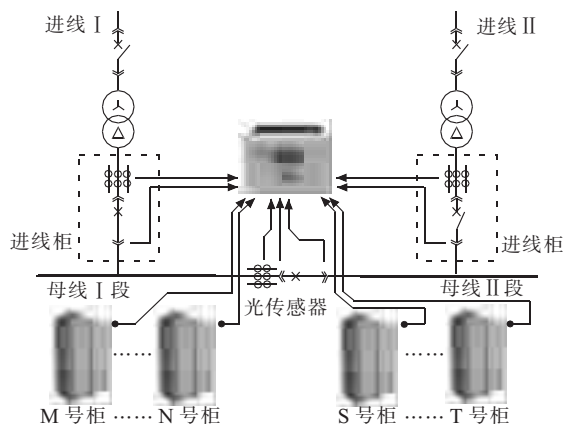


图 1 系统组成

电弧光保护装置可就地采集进线电流和弧光信号,也可以接收其他装置或合并单元的电流信号以及其他弧光单元的弧光信号,并完成逻辑判断、跳闸出口、事件记录、人机交互等功能。

专用的弧光传感器就地安装在开关柜需要监视的小室壁,将检测到的模拟光信号传输给电弧光保护装置,由电弧光保护装置完成光电信号转换。

2 设计原理

2.1 硬件设计

保护装置的硬件平台采用双核处理器作为主处理器,其内含微处理器(MPU)和数字信号处理器(DSP1),分别完成通信管理功能和保护功能,此外配置一块光信号采集插件,由其上的 DSP2 完成光信号的光电转换和数据处理。

装置各板卡间通过高速内部总线完成数据交互,实现插件的智能化配置。硬件整体架构如图 2 所示。

2.2 软件设计

MPU 的运行基于实时内核的 Linux 操作系统,运行包括 MASTER、SLAVE、LCD、IEC103、IEC61850、PRINT 等应用进程,负责装置初始化、调试的主管

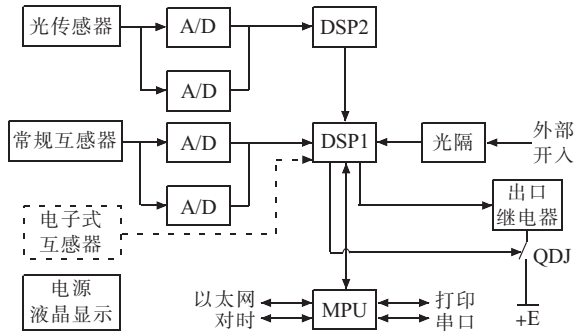


图2 硬件整体架构

理进程,以及由主管理进程协调调度的事件记录进程、故障录波进程、人机界面进程、通信进程、打印进程等。

DSP1 负责保护运算、逻辑判断功能,DSP2 负责光信号采集、计算、传输。保护应用程序使用元件思想进行模块化设计,通过系统程序提供的变量“注册输入”、“注册输出”、“注册参数”等接口实现板内、板间数据通信。DSP1 系统程序通过芯片内的共享静态随机存储器(SRAM),实现与 MPU 之间的通信,完成信号注册、输入、输出表处理。

装置的通用模块部分取自系统模块库,包括事件记录模块、打印模块、人机界面管理模块等。专用模块包括弧光信号采集模块、信号发送模块、信号接收模块、信号汇总模块、电弧光保护元件模块等,通过这些专用模块可以快速搭建电弧光保护系统,完成各种接线及运行方式下的系统配置。

3 关键技术

3.1 基于光度学余弦原理的无源光传感器

国内外同类产品已工程化使用的光传感器中,部分为有源光传感器,柜内完成光电转换,以电缆进行信号传输,该方式将弱电信号引入强电开关小室,且传输过程中的弱电信号易受安装环境的电磁干扰,可靠性降低;部分为无源光传感器,但传感器正前方 180° 全视场角范围内的感光效果差异较大,与其产品说明书中描述的性能不符,导致监视范围缩小,甚至会有监视死区。

为此,南京南瑞继保电气有限公司自主研发了基于光度学余弦原理^[4]的无源光传感器,传感器正前方 180° 全视场角内的电弧光可靠监视,消除监视死区。并且光强度大小相同的入射光,通过光传感器获取后的感光效果应如图3所示,即水平入射时弧光传感器获取的光强度应与垂直正入射时弧光传感器获取的光强度相当。

3.2 基于工频变化量原理的弧光保护判据

采用基于工频变化量原理的电气量信号判据,在保证检测快速性的前提下,提高电弧光故障检测可靠

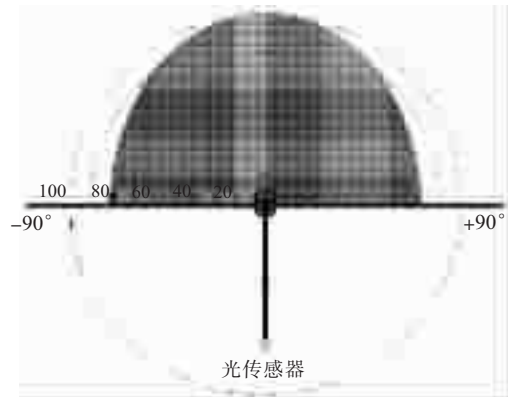


图3 光传感器感应曲线

性,且定值整定不受系统运行方式影响,重负荷状态下故障可靠动作,灵敏度高。

反应相电流工频变化量的保护元件采用浮动门槛,正常运行及系统振荡时变化量的不平衡输出均自动构成自适应式门槛,浮动门槛始终略高于不平衡输出,在正常运行时由于不平衡分量很小,装置有很高的灵敏度。当相电流变化量大于整定值,电信号判据满足。判据如下:

$$\Delta I_{\Phi\Phi} > k \Delta I_{\Phi\Phi th} + I_{\Phi\Phi th} \quad (1)$$

式中: $\Delta I_{\Phi\Phi}$ 为相电流变化量; $I_{\Phi\Phi th}$ 为浮动门槛,随着变化量输出增大而逐步自动提高; k 为比例系数,保证门槛电压始终略高于不平衡输出; $I_{\Phi\Phi th}$ 为固定门槛,电流变化量启动值。按躲过正常负荷电流波动最大值设定。

电信号判据与光信号判据与门输出电弧光保护动作标志,并延时出口。电弧光保护的逻辑如图4所示。

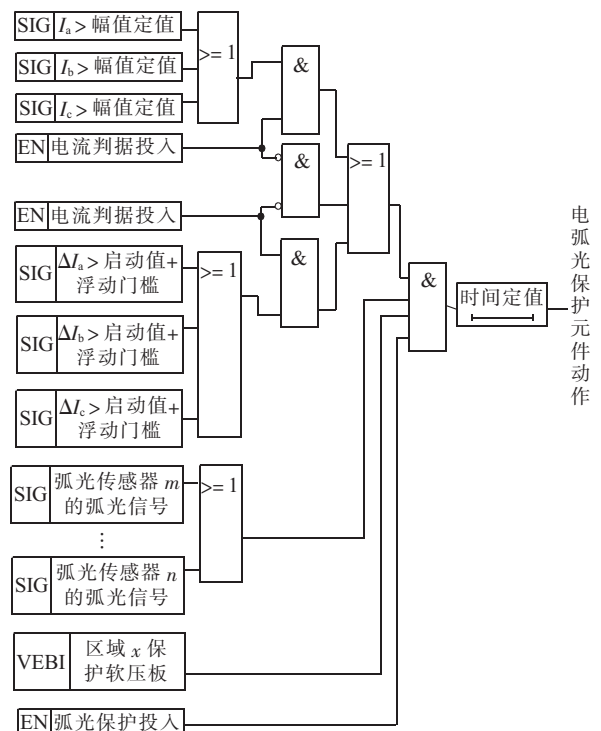


图4 电弧光保护逻辑

4 实际应用

4.1 光传感器感光性能实测

随机抽取光传感器,实测感光数据见表1。可以看出,光强度大小相同的入射光,水平入射时弧光传感器获取的光强度与垂直入射时弧光传感器获取的光强度偏差小于20%,满足工程化使用要求。

表1 光感应数据实测

光入射角度/(°)	照度/lx	与垂直入射照度偏差/%
-90(水平)	11 300	8.9
-45	11 700	5.6
0(垂直)	12 400	0
+45	11 600	6.5
+90(水平)	11 200	9.7

4.2 保护动作时间实测

开关柜内部故障电弧燃烧所产生的能量如图5所示,电弧燃烧持续时间超过100ms,所释放的能量开始急剧增加,将对开关设备的电缆、铜排以及钢材造成严重损坏^[5]。

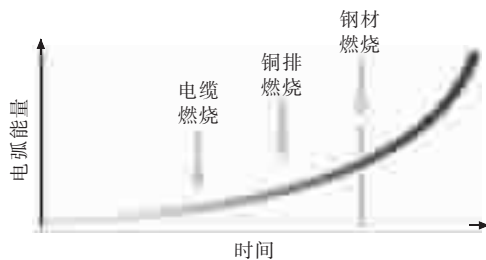


图5 开关柜内部故障释放的能量与电弧燃烧时间关系曲线

在动模实验室模拟故障,装置录波如图6所示。

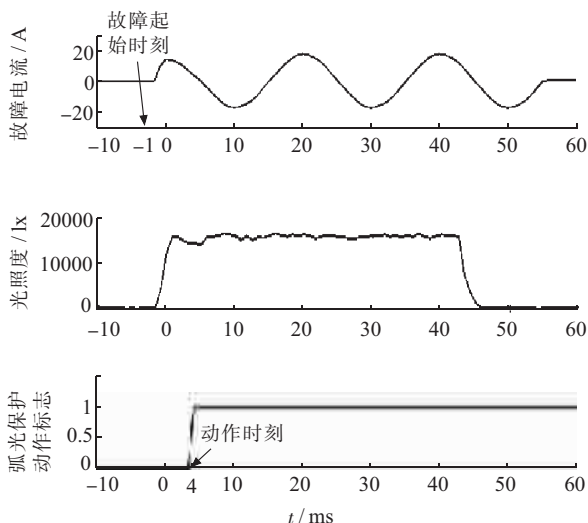


图6 电流和光强故障录波

由波形可以看出,从故障开始到装置动作出口时间为5ms,计及开关固有分闸时间30~40ms,故障切

除时间小于50ms,有效避免图5所示的电弧燃烧释放的巨大能量对设备的损害和人员的伤害。

4.3 现场应用

PCS-9656 电弧光保护已在多个 35 kV, 110 kV, 220 kV 站等工程中得到应用,可适用于单母、单母分段、多段母线等多种接线方式,为母线、馈线、箱变等设备提供电弧光保护功能^[6,7]。

以重庆某钢厂 35 kV 站的 10 kV 母线保护为例,说明其应用配置方式。该站共 3 段 10 kV 母线: I 母 12 个间隔, II 母 5 个间隔, III 母 12 个间隔,考虑未来扩建, I 母、III 母各需预留 4 个间隔。因每台 PCS-9656 电弧光保护装置最多可以接入 24 个光传感器,故每段母线配置 1 台 PCS-9656D 即可,配置如图 7 所示。装置就地安装在进线 I 开关柜 107AH、进线 II 开关柜 203AH、进线 III 开关柜 307AH。

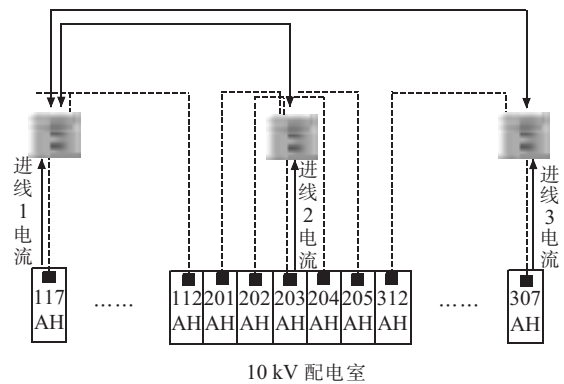


图7 电弧光保护配置示意图

II 母、III 母的从机完成弧光信号的采集和光电转换,并将处理结果传输至 I 母主机,由 I 母主机归并。I 母主机将归并后的全站光信号下发至每台从机,从机结合各自的工频变化量电气量信号判据实现母线的电弧光快速保护,保护动作后跳进线开关以及相邻的母联开关,在保证设备和人员安全的前提下,最大限度缩小停电范围。该项目光传感器共配置 29 个,安装在各开关柜的母线室,监视主母线和分支小母线。保护装置光输入通道共预留 43 个,可满足今后扩建的要求。上述配置方案简洁明了,较国外同类产品的复杂配置,减少了用户的维护难度,深受用户好评。装置投运以来,运行情况良好。

5 结束语

随着国家对中低压配电系统安全运行要求的提高,电力公司、电厂、工业企业的新建项目已逐步将电弧光保护作为开关柜招标技术规范的技术要求之一,而且呈至上而下的发展趋势,如云南电网公司 2010 年发文“关于在中低压开关柜加装电弧光保护的通知”,江西省电力公司农电工作部 2011 年发文“关于推广使

用电弧光保护产品的通知”等。此外,为了在设备选型、试验、安装、运行等环节有章可循,全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会已组建工作组,起草国家标准《弧光保护装置技术要求》(项目编号为20130678-T-604),预计2014年发布。该标准将助力弧光保护推广的有序进行,电弧光保护的应用将更加广泛,电力系统稳定、设备和人员的安全,都将会得到进一步提高。

参考文献:

- [1] 田广青. 电弧光保护及其在中低压开关柜和母线保护中的应用[J]. 电工技术杂志, 2004(1):27-30.
- [2] 王梅义. 高压电网继电保护运行与设计[M]. 北京:中国电力出版社, 2005:138-139.
- [3] 吴志勇. 电弧光保护在电力系统的应用[J]. 四川电力技术, 2009, 32(4):49-51.
- [4] 安连生. 应用光学 [M]. 3版. 北京:北京理工大学出版, 2003:

112-113.

- [5] SIDHU T S, SAGOO G S, SACHDEV M S. Multi Sensor Secondary Device for Detection of Low-level Rrcing Faults in Meta-lclad MCC Switchgear Panel [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2002, 17(1): 129-134.
- [6] 万山景, 王 坚, 张梓望. 电弧光保护系统配置方案探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(16):99-103.
- [7] 王德志, 张爱萍. 电弧光保护在应用实践中的改进[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(24):230-231.

作者简介:

牛洪海(1980),男,辽宁鞍山人,工程师,从事电厂继电保护及自动化装置研发工作;

严 伟(1975),男,湖南长沙人,高级工程师,从事电气主设备微机保护的研究、开发和管理工;

王 杰(1984),男,山西霍州人,助理工程师,从事厂矿继电保护及自动化装置研发工作。

Design and Application of Arc Protection for LV/MV Busbar

NIU Honghai, YAN Wei, WANG Jie

(Nanjing NARI-relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: This paper analyzes the necessity of arc protection for the low-voltage/medium-voltage switchgear and busbar. By taking PCS-9656 arc protection device as an example, the designing principles and key technologies, as well as the specific application of the arc protection are presented. The field operation and simulation results show that the arc protection device can quickly and accurately cut off the faults in milliseconds, and protect busbar and switchgear.

Key words: arc protection; photometry cosine law; passive optical sensor; power frequency variation

(上接第 55 页)

- [2] 张 钰, 杨晓慧. 2012 年江苏省电厂电气一次设备红外检测及分析[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(04):66-69.
- [3] GB1984—2003 高压交流断路器[S]. 北京:中国标准出版社, 2003.
- [4] GB/T 11022—2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求[S]. 北京:中国标准出版社, 2012.

作者简介:

高 雷(1982),男,江苏徐州人,工程师,从事电气一次设备检修维护工作;

肖立军(1979),男,辽宁朝阳人,工程师,从事电气一次设备检修维护工作。

Analysis and Recommendation on Contact Overheat of Low-voltage Field Discharge Switch

GAO Lei, XIAO Lijun

(Shenhua Guohua TaichangPower Generation Co. Ltd., Taicang 215433, China)

Abstract: The harm of contact overheat of a frame type switch is introduced by taking the example of the shutdown of the No.8 generator units in Guohua Taidian power plant caused by the overheat of the main contact of field discharge switch. The reason causing main contact overheat of field discharge switch is analyzed, and is believed to be the increase of contact resistance. The effects of contact pressure, contact material, contact temperature and surface condition of contact on contact resistance are discussed. Based on these analysis, effective preventing and handling measures are proposed to ensure safe operation.

Key words: field discharge switch; contact overheat; contact resistance