

DPR360ARC 弧光保护系统设计

李从飞¹, 陈凡², 鲁雅斌¹, 田伟¹

(1. 南京弘毅电气自动化有限公司, 江苏 南京 210019; 2. 南京工程学院电力工程学院, 江苏 南京 211167)

摘要: 针对当前国内中低压母线没有快速保护的现状, 设计了目前国内第一套弧光保护系统 DPR360ARC, 该系统采用基于紫外传感器的弧光探头技术和基于 FPGA 的高速串行通信技术, 实现了母线、开关柜的快速保护, 从弧光发生到跳闸出口的时间控制在 4 ms 以内。DPR360ARC 的应用有利于提高中低压输电线路的安全可靠性, 为开关柜、母线和各种变流设备的弧光故障提供全面的保护, 将对设备的损害和人员安全的威胁降至最低并确保电网平稳安全地恢复。

关键词: 弧光保护; 紫外传感器; 电流单元; DPR360ARC

Design of arc protection relay system DPR360ARC

LI Cong-fei¹, CHEN Fan², LU Ya-bin¹, TIAN Wei¹

(1. Nanjing Hongyi Electric Automation Co., Ltd, Nanjing 210019, China;
2. Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

Abstract: Noticed the fact that there is no fast protection for medium and low voltage currently, the first domestic set of arc protection relay system DPR360ARC is designed. This system applies the techniques of arc probe technology based on UV sensors and high-speed serial communication technology based on FPGA, and realizes the rapid protection for bus and switchgear. The time from arc occurs to the export trips can be limited to 4 ms, which greatly improves the reliability of medium and low voltage transmission line. Also, this system can provide overall protection corresponding to the arc faults of bus, switchgear, kinds of rectifier equipment, greatly reduce the risk of equipment's damage and worker's death, and ensure the grid's safe and smooth recovery.

Key words: arc protection; UV sensors; current unit; DPR360ARC

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)12-0125-04

0 引言

中低压母线的故障, 虽不会像高压或超高压系统母线故障那样造成系统失稳、大面积停电等极其严重的灾难后果, 但在某些特殊场合, 特别是在一些重要的用户变电站和发电厂的厂用电系统, 处理不当也会造成重大的经济损失。在采用户内开关柜式配电装置的情况下, 电弧还可能将开关柜内的器件点燃, 引起火灾, 大面积烧毁配电设备, 甚至破坏直流系统, 造成更为严重的后果。但如果装有快速保护, 故障发生后保护立即动作, 在电弧燃烧之前将故障切除、快速消除故障, 供电就可以迅速恢复, 损失也将大大降低。根据继电保护快速性的要求, 为了保证变压器及母线开关设备的安全运行, 迫切需要配置专用中低压母线保护。

弧光保护系统的动作速度远快于传统母线保护方案, 整套保护的動作时间在几毫秒以内, 从而对

开关柜各单元室的总故障清除时间可控制在弧光对开关柜造成巨大伤害之前。因此, 在发生弧光故障、柜内压力和温度急剧增加以前, 弧光保护系统就可以发出跳闸指令切除供给的短路电流, 使设备损坏及人员伤害的损失最小。

弧光保护作为中低压母线保护, 对配电系统的其他作用有: 保护昂贵的主变压器或厂用变压器免受巨大的短路电流冲击而损坏; 防止波及站用直流系统, 避免事故扩大而造成的经济损失。

由南京弘毅电气公司自主研发设计的 DPR360ARC 弧光保护系统在国内首次采用紫外传感器对弧光信号进行采集, 采用 FPGA 对光电信号和电流信号进行滤波、编码、传输, 采用高速浮点 DSP 对弧光和电流进行双判据判别, 使保护动作快、可靠性高, 填补了国内中、低压专用快速母线保护的一个空白。DPR360ARC 弧光保护在跳闸回路采用快速固态继电器, 确保系统从检测到出口跳闸时

间小于 4 ms, 远快于传统的继电保护装置, 对于开关柜的内部弧光故障总切除时间可以控制在 50 ms (操动机构固有时间 30~40 ms) 以内^[1]。

1 电弧光分析

电弧光是一种可以用数学统计法描述的随机物理现象, 这种现象也可称之为气体电离。这种气体电离首先是空气电离, 并通过不同电位、电极间(相与相, 相与地之间) 的高温导电等离子气体保持着。

1.1 电弧光产生的原因

引起开关柜弧光短路故障的原因很多, 主要有: 绝缘故障、载流回路不良、外来物体的进入、人为操作错误、系统改变或故障等。

1.2 电弧光的能量

开关柜发生内部弧光故障产生的短路功率可高达 8~60 MW, 所产生的能量与电弧的燃烧时间、短路电流的平方值、柜体几何尺寸以及所使用的材料等因素有关, 其中最主要的因素是短路故障电流及电弧燃烧的时间, 电弧能量与有关电弧燃烧的时间的关系如图 1 所示。从图中可以看出, 电弧燃烧持续时间超过 100 ms, 所释放的能量开始急剧增加, 接着各种故障效应对开关设备的电缆、铜排以及钢材造成严重损坏^[3]。

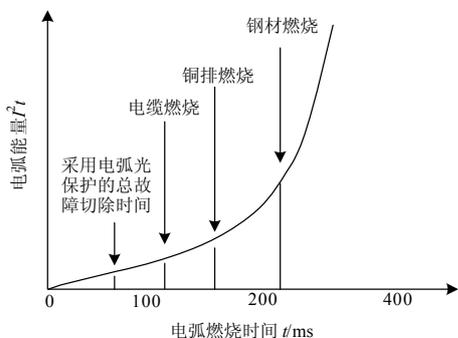


图 1 开关柜内部故障释放的能量与电弧燃烧时间关系曲线
Fig.1 Relational curve between energy from internal switchgear fault and time of electrical arc

1.3 电弧光的光谱

电弧刚点燃时, 周围空气就立刻电离, 产生耀眼的弧光, 其光谱如图 2 所示。从图中可以看出电弧光的能量主要集中在 300~400 nm 的紫外光波段和 500~600 nm 的可见光波段, 这也是电弧光产生时会导致运行维护人员短暂性失明的原因^[4]。

2 系统组成

DPR360ARC 弧光保护系统, 主要由主控单元、弧光单元、电流单元和弧光传感器等单元组成, 连

接示意图如图 3 所示。

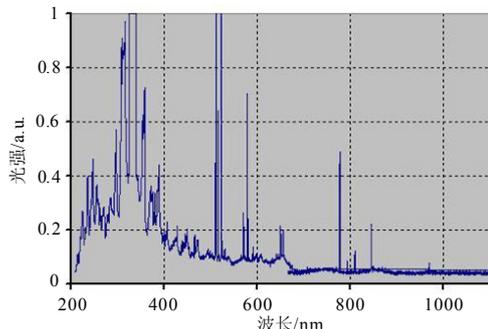


图 2 电弧光光谱图

Fig.2 Spectrogram of electrical arc

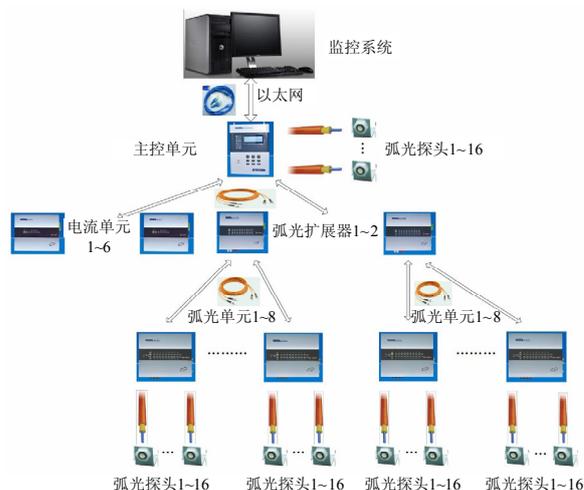


图 3 DPR360ARC 弧光保护系统连接示意图

Fig.3 Connection diagram of DPR360ARC

2.1 主控单元

主控单元包含有电流检测和断路器失灵保护, 它通过检测短路电流和来自弧光传感器的动作信息, 并对收集的数据进行处理、判断, 发出跳闸信号以切除故障。该系统只有同时检测到弧光和过流时才发出跳闸指令。在进线断路器未能动作切除故障时, 它将启动断路器失灵保护逻辑, 发出跳闸指令给上游断路器切除故障。此外, 主控单元根据辅助单元传送来的弧光传感器的动作信息, 提供弧光故障点的定位信息^[5]。

2.2 电流单元

电流单元安装在控制柜中, 每个电流单元可测量 1 路 3 个电流量, 量程可选 1 A, 5 A, 设置 2 个快速继电器, 2 个常规继电器出口。电流单元与主控单元采用光纤连接, 每个主控单元最多可以连接 6 个电流单元。主控单元检测到故障之后, 通过光

纤将出口命令传到电流单元,利用电流单元上的快速继电器实现本地出口。

2.3 弧光扩展器

弧光扩展器用于连接弧光单元,每个弧光扩展器可接入 8 个弧光单元,完成系统的扩展功能。弧光扩展器与主控单元之间采用光纤连接,每个主控单元最多可以连接 2 个弧光扩展器。

2.4 弧光单元

弧光单元可直接接入主控单元或接入弧光扩展器。弧光单元安装在控制柜中。每个弧光单元可接入 16 个弧光传感器。弧光单元的地址由其所连接位置决定。当系统发生弧光故障时,弧光单元收集来自弧光传感器的动作信息并传递给主控单元,在主控单元上显示弧光单元和弧光传感器的地址编号,以便于及时检修和排除故障。一台主控单元最多可以连接 272 路传感器。

2.5 弧光传感器

弧光传感器安装在柜内各间隔中,可实现由简单到复杂、有选择性的保护。弧光传感器作为光感应元件,在发生弧光故障时检测突然增加的光强,并将模拟光信号传给弧光单元或直接传给主控单元,弧光单元将光信号转为电信号之后进行比较、滤波、编码、电光转换,由光纤将数字光信号传给弧光扩展器或者主控单元^[6]。

3 工作原理及特点

3.1 工作原理

保护系统中的弧光保护系统通过检测开关柜内部发生故障时发出的弧光和电流突变量来判断是否发生故障。在同时检测到弧光和电流突变时发出跳闸命令,只检测到其中之一时发报警信号。其原理如图 4 所示。

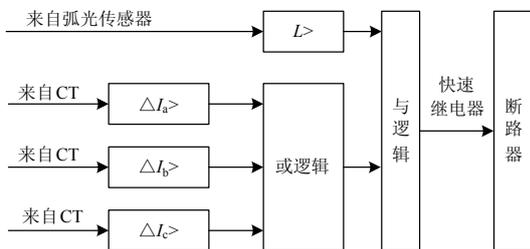


图 4 弧光保护原理示意图
Fig.4 Schematic diagram of DPR360ARC

3.2 保护的特点

弧光保护系统通过检测开关柜内部发生故障时产生电弧这一特点,结合过流闭锁原理,解除故障动作快速可靠、系统配置简单、适应性强,是目

前较理想的母线保护解决方案,其特点如下:

(1) 原理简单。通过检测电弧光,结合过流闭锁,结构简单。

(2) 动作迅速可靠。通过检测电弧光信号,整套母线的保护动作时间可 4 ms 以内;采用检测弧光信号和过流闭锁的双判据原理,可实现保护的可靠动作整套系统连续自检,充分保证整套系统工作的安全性和可靠性。

(3) 故障点定位。PC 机显示弧光发生位置,方便快速处理故障,恢复供电。

(4) 断路器失灵保护。在主断路器拒动时发出跳闸指令跳上一级断路器,提高保护系统的安全性。

(5) 光纤内部互联。电流单元与主控单元、弧光扩展器与主控单元、弧光单元与弧光扩展器之间均采用光纤互联,提高了系统的抗干扰能力。

(6) 光纤传感器。弧光探头与主控单元或弧光单元之间采用光纤传递光信号,防止现场恶劣电磁环境的干扰。探头采用紫光探头,防止可见光的干扰。

(7) 各单元并行工作。电流单元和弧光单元并行工作,与上级单元的连接方式采用星形拓扑结构,防止个别单元的故障影响其它单元的工作。

3.3 弧光保护与一般过流保护比较

最有效降低电弧光伤害的方法是以最快的速度切断故障电源,弧光保护正是为此需求而设计。弧光保护能快速检测弧光的出现,将它的燃弧时间减到最少,从而减少设备财产的损失,保护工作人员的人生安全。

DPR360ARC 弧光保护继电器与一般过流保护继电器的跳闸指令延时比较见表 1 所示。

表 1 弧光保护与一般保护跳闸时间对比

Tab.1 Tripping time comparison between DPR360ARC and general protection

	DPR360ARC	一般继电保护
测量	3 ms	20 ms
计算	不需要	2 ms
自我侦测	随时	2 ms
输出继电器	1 ms	6~10 ms
其它	不需要	10 ms
总计	4 ms	40~44 ms

4 系统应用

目前弧光保护在供电系统中比较成熟的应用主要有开关柜内中低压母线保护、馈线开关柜弧光保

护和箱式变电站弧光保护。

4.1 中低压母线弧光保护方案

近年来,因各种原因导致开关设备严重烧毁,甚至发展成“火烧连营”的事故时有发生;主变压器因遭受外部短路电流冲击损坏的事故也逐年增加。这些配网事故若处理不当,可能导致事故扩大发展为输电网事故,造成重大的经济损失。究其原因大多是因为没有装设中低压母线保护,未能快速切除故障。根据继电保护快速性的要求,为了保证变压器及母线开关设备的安全运行,迫切需要配置DPR360ARC电弧光保护。

4.2 馈线柜弧光保护方案

馈线开关柜下部的电缆接头等部位是绝缘的薄弱环节,此处如发生单相对地击穿,由于短路电流太小,传统的过流保护一般不易启动。而单相对地击穿很容易发展成为两相或三相对地短路,此时过流保护虽可以动作,但故障已经对设备造成了比较严重的损坏。而DPR360ARC系统以电弧光为保护判据,能够在单相对地燃弧时就发跳闸指令给馈线开关跳闸,使故障损失减少到最低,一般只需简单的恢复绝缘就能将设备重新投入运行,大大减少了停电时间和维修成本,具有很高的经济价值。

4.3 箱式变电站弧光保护方案

箱式变电站柜内空间狭小,各类电气设备布置比较紧凑,容易发生电弧光事故,可以在箱式变电站内安装DPR360ARC弧光保护系统,在检测到电弧光故障时迅速跳闸,从而极大地提高箱式变电站的整体安全性。

5 小结

本文介绍了目前国内第一套弧光保护系统-DPR360ARC弧光保护系统的设计思路,详细叙述了该系统的结构组成、基本原理和应用场所,并对弧光保护与一般保护的出口速度进行了比较。试运行表明DPR360ARC弧光保护可以快速准确地在弧光蔓延开来之前切除母线和开关柜故障,保护母线和开关柜的安全。

参考文献

- [1] 易永辉,赵志华,薛玉龙,等.一种新型的继电保护软硬件平台[J].继电器,2002,30(6):26-28.
YI Yong-hui, ZHAO Zhi-hua, XUE Yu-long, et al. A new software and hardware frame of relay protection[J]. Relay, 2002, 30(6): 26-28.
- [2] 姜琳,沈有昌,杨奇逊.微机保护抗干扰研究[J].电力系统自动化,1998,25(12):65-68.
JIANG Lin, SHEN You-chang, YANG Qi-xun. Research on anti-interference ability of microprocessor-based protection[J]. Automation of Power Electric Systems, 1998, 25(12): 65-68.
- [3] Sidhu T S, Sago G S, Sachdev M S. Multi sensor secondary device for detection of low-level arcing faults in metal-clad MCC switchgear panel[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2002, 17(1): 129-134.
- [4] Vayner Boris, Ferguson D C. Emission spectra of arc plasmas[J]. IEEE Transactions on Plasma Science, 2008,36(5).
- [5] UweMeyer-Baese. 数字信号处理的FPGA实现[M].北京:清华大学出版社,2002.
UweMeyer-Baese. The FPGA-based implementation of digital signal processing[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002.
- [6] 王金明. 数字系统设计与Verilog HDL [M]. 北京:电子工业出版社,2002.
WANG Jin-ming. Digital system design and verilog HDL[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002.

收稿日期:2009-08-09; 修回日期:2009-09-27

作者简介:

李从飞(1981-),男,工程师,硕士,主要从事电力系统自动装置的研发工作; E-mail: lcfei2000@163.com

陈凡(1981-),女,讲师,博士,主要从事电力系统运行与控制方面的教学和研究工作;

鲁雅斌(1977-),男,工程师,主要从事电力系统自动化装置的设计工作。