

电弧光保护系统配置方案探讨

万山景¹, 王坚², 张梓望³

(1. 安徽省黄山供电公司, 安徽 黄山 245000; 2. 武汉供电设计院变电部, 湖北 武汉 430013;

3. 黄山市海角广告有限公司, 安徽 黄山 245000)

摘要: 作为中低压母线快速保护的电弧光保护系统在国内已经应用了几年, 但还没有得到推广, 从电弧光保护基本原理入手探讨了在各种主接线方式下电弧光保护系统的配置方案, 力求用最小的成本和最简单的接线达到保护配电装置安全运行的最大要求, 以期得到更广泛的应用。

关键词: 电弧光; 保护; 开关柜; 方案; 母线

Discussion on configuration of ARC protection system

WAN Shan-jing¹, WANG Jian², ZHANG Zi-wang³

(1. Huangshan Power Supply Co., Huangshan 245000, China; 2. Wuhan Power Supply Design Institute, Wuhan 430013, China;

3 Huangshan Hirgo Advertising Co., Ltd, Huangshan 245000, China)

Abstract: ARC protection system has been used internal for several years as a quickly protection of MV/LV busbar, but it is spread slowly. The paper introduces the principium of an ARC protection system firstly, then discusses its configured proramme to various wiring system. It is to do our best to protect power equipments safety by using minimal cost and simplest wiring. It is hoped to spread the ARC protection system widely.

Key words: ARC; protection; switchgear; programme; busbar

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)16-0099-05

0 引言^[1]

在国内电力系统中, 中低压母线目前没有全面配置专门的母线保护, 母线的故障的切除均靠上一级配电设备保护装置的后备保护来切除, 如降低变电所中利用主变压器保护中中低复合过流来切除中低压母线上的故障, 为了和中低压系统馈线保护在选择性上的配合, 往往带着很大的延时, 所以不能快速地切除中低压母线上的故障, 导致在故障发生时任其自由发展成为更大的故障, 这种发展的故障无论是对中低压配电装置本身还是对上一级设备造成的冲击和损坏都是很大的, 因此完全有必要采用一套快速保护来保证中低压配电设备的可靠运行。以往的母线保护基本上基于电流差动原理而设计, 接线方式复杂, 成本较高, 运行维护工作量大, 这些都是没有大范围在中低压系统中配置母线保护的原因。随着中低压配电装置柜式化的普及应用, 开关柜体越来越小型化, 配电装置之间的间距也越来越小, 在柜体内产生短路故障的因素也更加复杂, 因此快速切除开关柜体内的故障以缩小故障范围已

迫在眉睫。电弧光保护系统正是基于开关柜内故障时产生弧光这个思路而设计的一套母线保护系统, 国外从上世纪 90 年代开始研究, 90 年代电弧光保护系统才开始投入应用, 我国国内尚无成熟产品, 在电力系统中本世纪初才开始从国外引进产品投入使用, 目前应用中也不过三、四种产品, 并没有引起电力生产、传输及使用单位的重视, 所以在技术规范上没有统一标准, 在针对各种中低压母线接线方法做出的各种配置方案也都不相雷同, 甚至很多配置方案并不能满足中低压母线运行方式改变的需要, 在一定的条件下根本不能快速切除母线上的故障, 安装的系统形同虚设。本文以澳大利亚 RIZNER 公司的 EagleEye 电弧光保护系统^[2]为例, 探讨一种能满足各种运行方式转变下的配置思路, 使电弧光保护能达到它的最大应用效应。

1 电弧光保护的原理

电弧光保护的原理如图 1 所示, 它的动作判据为故障时产生的两个条件: 弧光和电流增量。当同时检测到弧光和电流增量时系统发出跳闸指令, 当

仅检测到弧光或者电流增量时发出报警信号，而不会发出跳闸指令。

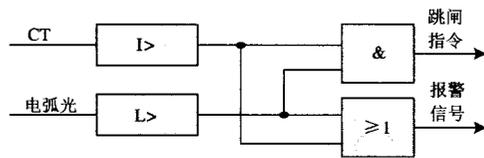


图1 弧光保护原理示意图

Fig.1 Principium of ARC protection system

2 EagleEye 电弧光保护系统的基本构成

澳大利亚 RIZNER（瑞胜）公司专业从事国际领先水平的电力系统保护、控制、自动化和在线监控设备的研发和生产，公司产品 EagleEye 电弧光保护系统自 1997 年投放芬兰市场成功后便在芬兰、瑞典、挪威及俄罗斯等国电力用户广泛使用。国内 2005 年 8 月在浙江兰溪电厂 4×600 MW 机组输煤系统厂用电开关柜上首次使用该产品，到目前为止国内已有 80 多套投入运行，分布在包括火电厂、水电站、抽水蓄能电厂、电网变电所及工矿企业等 30 多家单位中。EagleEye 电弧光保护系统主要有以下设备组成。

2.1 主控单元

主控单元负责管理和控制整个电弧光保护系统，它通过检测故障电流和来自弧光传感器的弧光信号，对它们进行处理、判断，在满足跳闸条件时发出指令以切除故障。主控单元按配置分有 4 路、8 路和 16 路光信号输入口（F8.01-F8.16）三种规格，光输入口用来接收弧光传感器的信号，另外还有 4 个光传输口（L1~L4），接收来自弧光单元或电流单元的信号，也可以当作光输入口来接收弧光传感器的信号。装置的输出有 4 个快速继电器跳闸出口（T1~T4）和 6 个常规继电器跳闸出口（R1~R6），其中一个保留作为装置故障报警信号输出用。另外还有一个光输出口（remote）可以用来和其他主控单元配合满足复杂系统的特殊要求。

2.2 电流单元

通常一条母线进线应装设一个电流单元用于检测 A、B、C 三相过电流信号，它可以匹配 1 A、2 A 和 5 A 的电流互感受器，过电流整定值可在 50% 到 500% 间由用户选择，当它感受到过电流后向主控单元发送光信号。

2.3 弧光单元

当主控单元自带的光输入口不够用时就要使用弧光单元，每个弧光单元具有 10 个弧光检测接口用于连接弧光传感器，和主控单元的光输入口一样，

所接弧光传感器的感光强度可以在 10 Klux 到 50 Klux 之间调节，当它感受到过弧光后向主控单元发送光信号。

2.4 弧光传感器

专用于母线保护的无源弧光传感器安装在开关柜的母线室内，是探测弧光的感应元件。

2.5 光纤三工器

它是一个一端一个光接口另一端三个光接口的双向无源传输装置，在标准数量的保护通道不足的情况下，可以非常方便地扩展保护点，节省相应的费用。

3 电弧光保护系统配置思路

和其他母线保护系统一样，电弧光保护系统也是由主单元系统和一系列辅助单元组成，基本配置的思路是如何选择主单元和辅助单元的数量和构成方式以满足下面的要求：

(1) 满足最基本的继电保护四性，即快速性、灵敏性、选择性和可靠性；

(2) 扩展性要求，考虑母线上增加设备时可以方便在原保护上增加少量的辅助设备而保护功能不会改变；

(3) 灵活性要求，尽量满足一整套保护系统保护范围内设备各种运行方式的改变，能正确地选择切除母线上各部位的故障；

(4) 选取最优化方案以满足经济性的要求。

下面就从各种常见主接线方式来分析 EagleEye 电弧光保护系统的配置方案。

3.1 单母线系统

单母线系统在电厂和终端变电所很常见，一般母线由一条进线和数条出线及母设备组成，只有一台主变压器的终端变电所多采用这种方式，接线和运行方式都很简单。在火电厂中高压厂用电系统也常用单母线系统，正常运行时由发电机通过高压厂变供电，起备变给厂用电系统提供另一路电源。典型接线如图 2 所示。

在这种接线方式下，仅仅需要一个主控单元和一到两个电流单元，在开关柜间隔小于或等于 10 个时，主控单元选用 8 路光输入口的，另外两路光信号可以通过光传输口 L1 和 L2 进装置。当开关间隔在 11 个到 18 个时采用 16 路光输入口的主控单元。如果开关柜的数量大于 18 个后就需要加装弧光单元了，在 19 到 28 个时加装一个弧光单元，在 29~39 间加两个弧光单元，40 个以上柜子组成的单母线系统很少见了。总结如表 1 所示。

表 1 单母线系统弧光保护设备配置表

Tab.1 ARC protection configuration for single busbar system

序号	需安装传感器个数	主控单元类型	弧光单元个数
1	1~6	4 路光输入口	0
2	7~10	8 路光输入口	0
3	11~18	16 路光输入口	0
4	19~28	16 路光输入口	1
5	29~39	16 路光输入口	2

实际应用中, 华能日照电厂二期扩建 2×680 MW 超临界燃煤发电机组主厂房 6 kV 系统均为单母二进线, 分别有 21 面到 27 面柜子不等, 配置

21 至 27 个弧光传感器, 两个电流单元, 根据表 1 配置一个主控单元和一个弧光单元; 大唐长春第三热电厂新建工程 2×350 MW 供热机组主厂房 6 kV 系统为单母两进线分别为 33 面和 34 面柜子, 根据表 1 得出配置 33 或 34 个弧光传感器, 两个电流单元, 一个主控单元和两个弧光单元。类似的还有华能伊敏煤电有限责任公司电厂三期扩建工程 2×600 MW 超临界燃煤机组主厂房 6 kV 系统、国电蚌埠电厂一期 2×600 MW 机组工程主厂房 6 kV 系统、黑龙江华电佳木斯发电有限公司 2×300 MW 供热扩建工程主厂房 6 kV 系统等等。

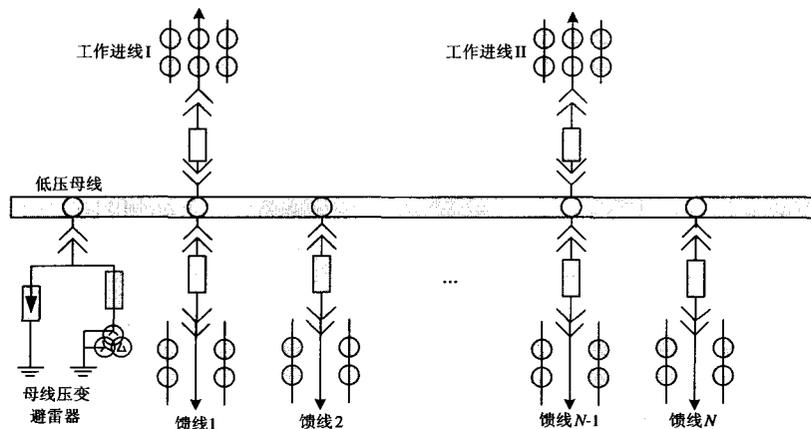


图 2 单母线系统接线示意图

Fig.2 Single busbar system wiring

3.2 两段母线带母联系统

单母线分段, 中间经过联络开关 (母联) 相接的系统应用非常普遍, 在一般的终端变电所基本上都是这种设计, 两台主变分别带一段低压母线, 中间经过母联断路器联络, 大多数运行方式为一台主

变运行, 另一台主变备用, 只有在负荷高峰期一台主变不能满足需要时才改为两台主变分列运行。火电厂中厂用电的公用系统、输煤系统及脱硫系统也常用这种接线方式。典型接线如图 3 所示。

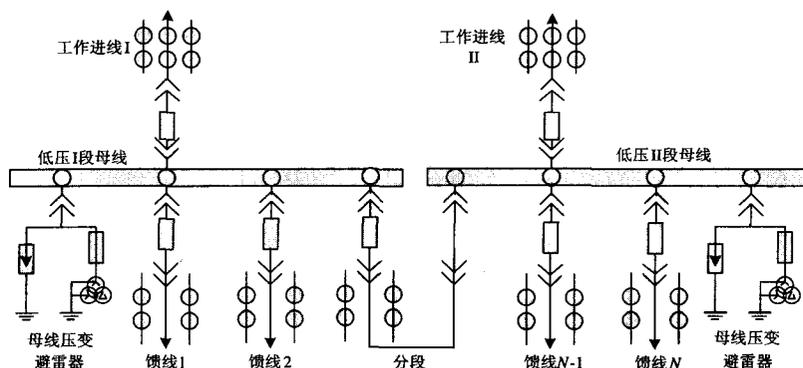


图 3 两段母线带母联系统示意图

Fig.3 Dual busbar contract with breaker system wiring

在这种接线方式下, 主要有两种运行方式, 一是两段母线分列运行, 母联开关分开, 母线上故障

时保护跳开相应的进线开关，当母联开关热备用并投入母联自投时保护还应闭锁备投，以免备投于故障母线；二是母联开关合上，由一条进线带两段母线，这时候当对侧母线故障时只跳开母联开关，本侧母线故障时跳开进线开关，同样当另一条进线开关热备用并投入自动备投装置时保护应去闭锁它以免备投于故障母线。

表 2 两段母线带母联系统电弧光保护配置表

Tab.2 ARC protection configuration for dual busbar contract with breaker system

序号	每段弧光传感器个数	主控单元类型	主控单元个数	弧光单元个数
1	1~5	4 路光输入口	1	1
2	6~8	8 路光输入口	1	1
3	9~11	16 路光输入口	1	1
4	12~18	16 路光输入口	2	0
5	19~21	16 路光输入口	1	3
6	22~28	16 路光输入口	2	2
7	29~31	16 路光输入口	1	5
8	32~38	16 路光输入口	2	4

在系统的配置上，两个电流单元是必需的，当两段母线要求安装弧光传感器的间隔均小于 11 个时，可采用一个主控单元和一个弧光单元就能满足要求；当间隔数在 12 到 18 个时，可安装两个主控单元，也可在一段上安装一个主控单元而另一段上安装两个弧光单元，由于两个弧光单元的价格比一个主控单元的价格高，所以建议采用前一种方案；当间隔数在 19~21 个时，一段配一个主控单元和一个弧光单元，另一段配两个弧光单元；当间隔数在 22~28 间时，每段均配一个主控单元和一个弧光单

元，在 29~31 时，一段配置一个主控两个弧光单元，另一段配置三个弧光单元；当间隔数为 32~38 个时在前一个基础上把三个弧光单元的那一段第一个弧光单元换成主控单元；39 个以上接线方式几乎不存在，就不考虑了。总结如表 2 所示。

广东高州 110 kV 新垌变电所的 10 kV 系统为单母分段系统，每段母线 14 个间隔。2006 年 8 月配置了一套电弧光保护，当时的配置为 1 个 16 输入口的主控单元和两个弧光单元，而且把弧光单元分配在两段，主控单元的光输入信号也平均分布在两段上，这样一来，主控单元无识别出弧光信号的具体位置，不能有选择性地跳闸。如果按上表所示配置两个弧光单元，每段上安装一个主控单元，既成本低（两个弧光单元的价格比一个主控单元的价格高），还可以在并列运行的时候跳母联开关，做到有选择性地跳闸。现在我们普遍采用这种方案，如湖南益阳电厂二期工程 2×600 MW 超临界机组 6 kV 脱硫系统、广东高州 110 kV 横谿变电所 10 kV 系统、中国石化集团内蒙古伊泰集团煤基合成油 16 万吨/年（I 期）工程各变电所 6 kV 系统等等。

3.3 多段母线带母联系统

在水电站的厂用电系统中广泛采用多段母线通过母联开关连接的接线方式，这是一种比较复杂的接式，运行方式灵活，当任一段母线进线电源不工作时均可由相邻的母线通过母联开关供电，典型接线如图 4 所示，三段以上的接线只是它的扩展，所以这里只讨论三段母线电弧光保护系统的配置思路。

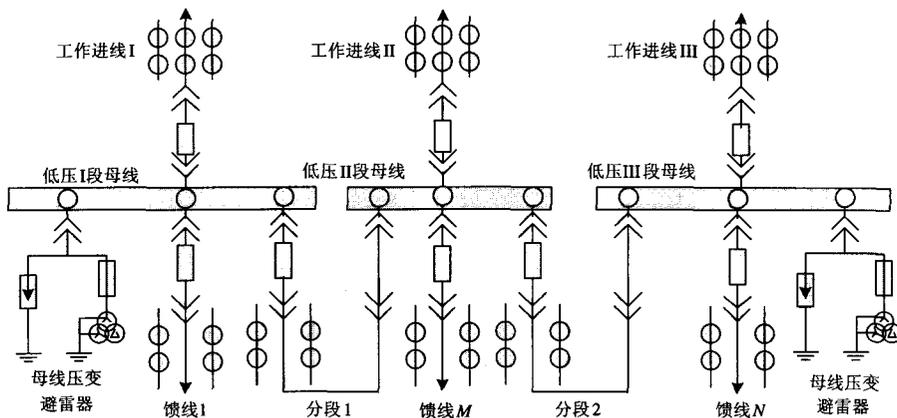


图 4 多段母线带母联系统示意图

Fig.4 Multiple busbar contract with breakers system wiring

在多段母线系统中正常运行方式为分列运行，

当某条进线不能工作时它所在的那条母线由相邻的

母线通过母联开关来供电, 一般情况下不考虑一条进线连续向两条母线供电(如图4中进线2和进线3全停的时候由进线1通过母联1和母联2同时向母线II段和母线III段供电这种方式)。在3.2中, 两段母线无论是哪种运行方式都可以实现选择性跳闸, 是因为无论怎么配置系统, 主控单元均能采集到两段母线上任意点的弧光信息, 在这里增加了一段母线, 中间低压2段既可以由左边的低压I段通过母联1开关供电, 还可以通过母联2开关由右边的低压III段供电, 所以要在这两种方式下都能有选

择性地跳闸。低压母线II段上的弧光信息既要传给安装在I段上的主控单元又要传给安装在III段上的主控单元, 在这里我们选取了光纤三工器来扩展低压II段上的光信号。

通常在多母线系统中, 为了保护系统的可靠性, 每段上均安装一个主控单元和一个电流单元, 这样弧光单元选取就根据弧光传感器的数量和主控单元上弧光输入口的数量来确定了。在这种接线方式下, 电弧光保护系统的逻辑结构^[3]如图5所示。

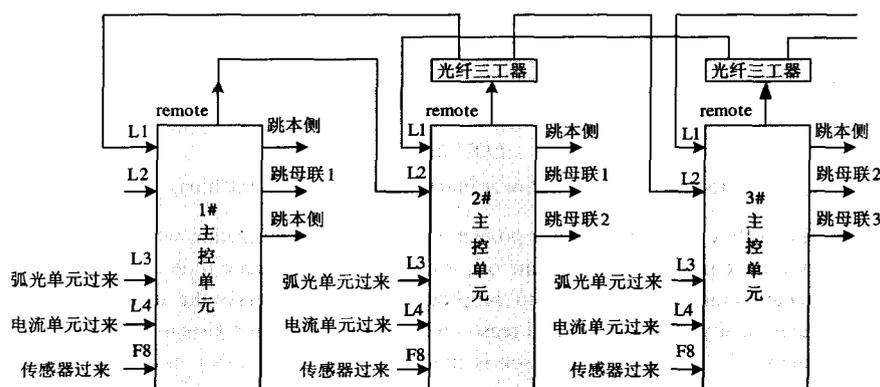


图5 多段母线电弧光保护逻辑图

Fig.5 ARC protection logic for multiple busbar contract with breakers system

浙江北海水力发电有限公司瓯江滩坑水电站3×200 MW工程今年4月29日开始下闸蓄水, 8月16日零点1号20万千瓦机组顺利完成了72小时试运行, 移交商业运营。该水电站的厂用电系统就是这种接线方式, 每段母线上8到11个间隔不等, 由于设计思路不成熟, 每段母线只按单母线方式简单地配置了一套独立的电弧光保护系统, 这种情况下, 当某段母线进线开关停运, 这段母线上的负荷由母联开关带时这段母线上的故障不能由该保护切除。该工程调试结束后, 我们在试验室里寻找解决的方法, 得出了上面的方案, 通过模拟试验证明该方案的可行性, 但由于没有在实际应用中实施, 尚不能说这是一个成熟的方案。

4 结论

以上总结了电弧光保护系统在各种常用接线方式下低压配电装备中的配置方法, 为快速而又有选择地切除母线上的故障找到了一套优化的解决方案, 随着弧光保护技术研究的进一步深入, 人们会越来越熟悉和掌握电弧光保护系统在电力系统中的应用, 电力系统的稳定和设备的安全会得到进一步的提高。

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):32-35.
TIAN Guang-qing. The Arc Protection System and Its Application to the Internal Fault of LV/MV Switchgear and the Busbar[J]. Electrotechnical Journal, 2004, (1):32-35.
- [2] 电弧光保护专家[Z]. 杭州瑞胜电气有限公司. ARC Protection Specialist[Z]. Hangzhou Rizner Electrical CO., Ltd.
- [3] 光电式电弧光保护系统用户手册[Z]. 杭州瑞胜电气有限公司. The User's Manual of ARC Protection System[Z]. Hangzhou Rizner Electrical CO., Ltd.

收稿日期: 2008-09-19;

修回日期: 2008-12-04

作者简介:

万山景(1979-), 女, 助理工程师, 主要从事变电所二次系统设计、安装和维护工作; E-mail:hsbeer@yeah.net

王坚(1974-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电力系统二次设计工作;

张梓望(1971-), 男, 工程师, 主要从事电弧光保护的理论和应用分析工作。