

电弧光保护在电力系统的应用

吴志勇

(广元电业局, 四川 广元 628000)

摘要:介绍了电弧光保护产生的背景,分析了电力系统电弧光产生的原因、影响因素和对电力系统的危害以及一种用于电弧光保护系统的方法,并介绍了该方法的原理,给出了相应的技术参数,在实际应用中表明该方法能够有效地对电弧光引起的系统故障进行有效的保护。

关键词: 电弧光; 电力系统; 技术参数; 保护

Abstract: The background of electric arc light protection coming into being is introduced. The causes of electric arc light protection coming into being, the influencing factors and the harm to power system are analyzed. A method used for electric arc light protection is proposed. The principle of the method is introduced and the relevant technical parameters are given. Its practical application shows that the method can protect the system failure caused by electric arc light effectively.

Key words: electric arc light; power system; technical parameter; protection

中图分类号: TM711 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)04-0049-03

在电力系统中, 35 kV 及以下电压等级的母线一般未装设母线保护, 但是中低压母线上的出线多, 操作频繁, 三相导体线间距离与大地的距离比较近, 容易受小动物危害, 设备制造质量比高压设备差, 设备绝缘老化和机械磨损, 运行条件恶劣, 系统运行条件改变, 人为操作错误等原因, 中低压母线的故障几率比高压、超高压母线高得多。据早期国外统计资料表明, 每年每 1 000 台开关柜就有 7 台遭到损坏, 故障率 0.07%。农村配电网的概率更高, 达 1.2%。据《高压开关技术通讯》报道^[7], 单是手车柜, 中国电力系统某年就有 200 多面柜烧毁。由于各国政府的重视和有关指令性文件、规程规定, 苏联和欧美等地的开关加装电弧光保护比率, 已经超过 95%。国外著名的开关柜生产厂家, 如 Reyrolle、ABB、Siemens、Schneider、Moeller、Holec 等, 其中低压开关柜均有配套使用电弧光保护系统^[2]。

1 背景

国外芬兰的威萨公司将电弧光保护引进开发应用于 35 kV 及以下电力系统作母线保护既用于防止电弧光短路的破坏性后果又大大提高这一系统运行的稳定可靠性, 极大地减少电力系统运行中的直接经济损失和巨大的间接经济损失; 同时中国电力系统中

箱式变电站近些年来得到了迅速的推广, 但也同样存在保护不完善的弱点, 也出现过因站内弧光短路故障没能得到及时切除使故障扩展至将整个箱站烧毁的严重恶果。若加装电弧光保护以后, 弧光短路故障可以迅速被切除而彻底避免毁灭性恶果的产生, 无论对提高系统安全性还是经济效益都是显而易见的。广元朝天供电局首次引进电弧光保护并在元坝、羊木和中子三站进行安装调试。可以相信, 这三站电弧光保护系统的引进并投入运行必将大大提高广元朝天局运行的安全和自动化水平, 其巨大的经济效益亦在不言之中。

2 电弧光产生的原因及影响因素

电弧光产生的主要因素为: ①使用了不良性能的导体; ②绝缘材料的损坏 (包括裂痕, 进水, 老化等); ③人体或其他物品意外地接触到带电的物品; ④操作过程中的失误或者设计或安装错误; ⑤元件损坏, 没有良好的维修和保养设备; ⑥过电压; ⑦电网结构的改变^[3] (系统容量增大、电缆应用增多)。

电弧光所带来的影响极其严重。首先对人的危害: ①弧光的光强约 9 000 LUX, 而人眼感受到的最大光强约 300 LUX, 很容易使人的眼睛刺伤, 使角膜上皮脱落, 出现怕光、流泪、异物感、结膜充血等症状;

②电弧爆炸造成的烧伤是最严重的伤害,主要来自于电爆时散发出大量的热能辐射和飞溅的熔化金属;再者就是衣物被点燃后燃烧和熔滴而造成的严重烧伤;

③电弧周围的空气在弧光强烈辐射作用下,还会产生臭氧、氮氧化物等有毒气体伤害呼吸系统。其次对设备的影响,弧光短路是配电网中最严重的故障,尤其是发生在中、低压开关柜内部的情形,由于电弧电阻的原因,短路电流往往达不到过流速断整定值而不能动作快速切断故障,电弧持续燃烧的结果释放出巨大的能量,从而造成灾难性的后果:开关柜被严重烧毁。开关柜的弧光短路故障,往往由于没有得到及时清除,发展为中压母线故障,其危害是非常严重的,如造成发电厂厂用电瓦解、重要用户停电,更严重的将导致多组开关柜同时烧毁的“火烧连营”事故,而近年来由于母线故障巨大的短路电流冲击造成主变压器损坏也不少见,这些事故均造成重大的经济损失^[6]。

3 电弧光保护原理及参数设置

系统依据以下工作原理^[4]可以实现不同的功能,用于保护不同的设备:当发生接地或相间短路故障时,因有弧光的产生并燃烧,光的强度将突然增加。弧光传感器内电子元件就会将光信号转换为电信号,并传递给弧光保护的辅助单元。弧光保护装置在接收到弧光信号后,经逻辑判别作用于保护装置跳闸。

1)保护动作的判据为两个故障条件:弧光和过流分量;当同时检测到弧光和过流时才能发出跳闸信号^[1]。

2)系统保护动作的判据为故障发生的一个条件:弧光分量;当检测到弧光时发出跳闸信号。

3)系统保护动作的判据为故障发生的一个条件:过流分量;当检测到过流时发出跳闸信号。

以上 3 种保护功能可在同一套电弧光保护系统中同时实现。

AMP221 电弧光保护系统是一个适用于中低压母线作主保护的模块化系统。它包括有主单元 VAMP221、从单元 VAM10L、弧光传感器 VAIDA 及模块电缆 VX001 四个部分组成。每个主单元具有 16 个弧光输入端口及相应的弧光传感器和光带,每个主单元具有 4 对电子跳闸输出,4 对快速继电器跳闸输出,可以互为备用。

主单元 VAMP221 安装在电容器开关柜的面板上,从单元可以灵活地安装在相应的开关柜中,弧光

探测器则分散安装在各个开关柜上,每柜视需要安装 1~3 个。各单元之间通过特配的专用模块电缆进行连接,用于电流的测量,开关失灵保护,电流定值的管理,跳闸出口的启动,弧光探测信号的自动采集、逻辑设置管理,对所有关联弧光传感器的持续监视,保护跳闸启动方案的选择,故障方位的精确定位,故障信息的管理。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,主单元根据辅助单元传送来的弧光传感器的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和温度报警信息。每个主单元最多可接入 10 个辅助单元,它采用 RS485 总线与辅助单元通信。主单元中具有二进制 I/O 接口供主单元之间交换过流和弧光传感器动作信息,以实现有选择性的切除整流系统故障。

辅助单元 10 AL 用于连接弧光保护主单元和弧光传感器。该辅助单元可连接 10 个弧光传感器、一个移动式弧光传感器、一个温度传感器。每一个连接的传感器,都可给出一个独立的地址信息,用于弧光保护系统的逻辑设置、监视所连接的弧光传感器的状态、装置故障定位等。

VAIDA 弧光传感器是一种光感应元件。安装在开关柜内相关部位,具有故障定位功能,可以监视那些脆弱而又重要部件。如开关柜母线间隔、开关柜下部 TA 和 TV 部件、电缆连接头等。在传感器的前方,其灵敏度几乎不会变。而在传感器背面,灵敏度会有所下降。传感器的光感应强度为 8 000 LUX。并且弧光信号用特制光缆传输,具有抗电磁干扰性能。

(1)主单元 VAMP221 性能见表 1。

(2)从单元 VAM10L 性能见表 2。

(3)传感器 VAIDA:

强光在传感器中转变为电信号由 VAM10L 传送到主单元;标准连接电缆长度是 6 m 和 20 m。

(4)模块电缆:

主单元—从单元连接: VX010—××; 从单元—从单元连接: VX001—××。

4 电弧光保护系统的应用

表 1 VAMP221性能

名称	参数
电源 U_s	220 V AC/DC
P	< 7 W
测量额定电流 I_n	1 A/5 A
额定频率 f_n	50/60 Hz
跳闸接点	4个接点 (T1~T4)
额定电压	250 V AC/DC
持续传送	5 A
最大切断电流	0.5 s 30 A
最大切断电流	3 s 15 A
报警接点	2个常开, 1个常闭
额定电压	250 V AC/DC
持续传送	5 A
最大切断电流	0.5 s 10 A
最大切断电流	3 s 8 A
当地串口	1个
接口	RS232
速率	9 600 bit/s

表 2 VAM10L性能

名称	参数
电源 U_s	24 V DC
传感器连接	10个弧光传感器, 1个便携式传感器
跳闸接点	1个接点
额定电压	250 V AC/DC
持续传送	5 A
最大切断电流	0.5 s 30 A
最大切断电流	3 s 15 A

解决电弧光危害的最有效方法, 文献 [1] 是以最快的速度切断故障电源。在开关柜内加装弧光探测保护装置, 当柜内有微小弧光时, 迅速切断所有运行的开关, 使故障尽早发现, 或将故障限定在最小范围内, 尽可能减小损失^[1]。

35 kV 元坝变电站、35 kV 羊木变电站、35 kV 中子变电站电弧光保护系统安装调试完毕后, 于 2006 年 8 月 27 日开始加入电网试运行, 在试运行中整个系统软、硬件系统全部投入运行的情况下, 对其进行了全面考查、监测和记录, 运行实践证明, 电弧光保护系统的运行稳定、可靠, 未发生过误动、误发信号或通信中断等影响运行的现象。全部性能均已满足要求。

(1) 2006 年 8 月 22 日电流测量单元测试纪录见表 3。

(2) 跳闸记录见表 4。

(3) 2006 年 8 月 22 日系统动作测试见表 5。测试条件: ① $I_a = I_b = I_c = 1.6 I_n$; ② 弧光探头动作。

表 3 测试记录

序号	标准值 (A)	单元测量值 (In)
1	2.6	0.5
2	5.2	1.0
3	7.8	1.5
4	10.4	2.0
5	15.4	3.0
6	19.0	3.8

表 4 跳闸记录

实加电流值 (A)	主显	从显	开关动作情况	
			901号	915号
$I_a=8.0 I_b=8.0 I_c=8.0$	0101	01	√	√
	0201	01	√	√
$I_a=7.0 I_b=7.0 I_c=7.0$	0101	01	×	×
	0201	01	×	×

表 5 系统动作测试

序号	探头号	主单元显示	从单元显示	压板出口情况 (未动作)			
				901号	915号		
1	0101	01	01	01	01	√	√
2	0102	01	02	01	02	√	√
3	0103	01	03	01	03	√	√
4	0104	01	04	01	04	√	√
5	0105	01	05	01	05	√	√
6	0201	02	01	02	01	√	√
7	0202	02	02	02	02	√	√
8	0203	02	03	02	03	√	√
9	0204	02	04	02	04	√	√
10	0205	02	05	02	05	√	√
11	0206	02	06	02	06	√	√
12	0207	02	07	02	07	√	√
13	0208	02	08	02	08	√	√

备注:

① 1号从单元中 3~5号探头分别安装在 911~913号开关柜, 1~2号分别与母线 1~2号对应。

② 2号从单元中 1~3号探头对应母线 1~3号, 4~5号分别安装在 914~915号开关柜, 6号探头安装在 PT柜, 7~8号探头安装在 901号开关柜。

③ 压板出口情况中, “√”表示接通, “×”表示断开。

5 结 论

(1) 当发生接地或相间短路故障时, 因有弧光的产生并燃烧, 光的强度将突然增加。弧光传感器内电子元件就会将光信号转换为电信号, 并传递给弧光保护的辅助单元。弧光保护装置在接受到弧光信号后,

(下转第 68 页)

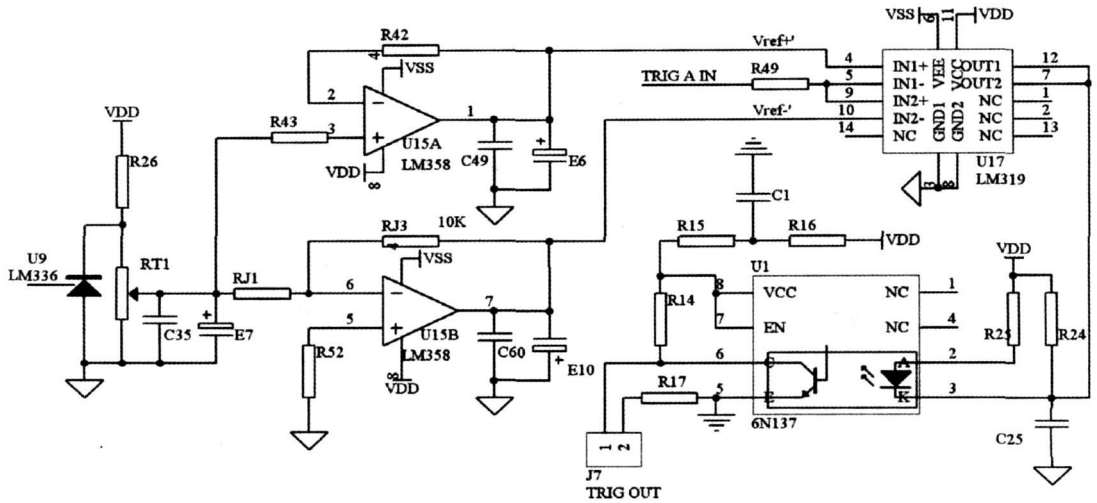


图 8 触发电路原理图

4 结论

在总结国内外过电压在线监测领域已有研究成果,分析现有技术所存在的不足之处的基础上,针对高压电网过电压在线监测系统的关键技术进行了研究,提出了一种基于套管电容分压的高压过电压在线监测系统整体设计方案和实现方法,为进一步提高过电压信号实时监测手段做了有益的探讨。

参考文献

[1] 孙才新,司马文霞,赵杰,等.特高压输电系统的过电压问题[J].电力自动化设备,2005,25(9):5-9.
 [2] 刘振亚.特高压电网[M].北京:中国经济出版社,2005.

[3] 胡学浩.美加联合电网大面积停电事故的反思和启示[J].电网技术,2003,27(9):1-6.
 [4] 葛睿,董昱,吕跃春.欧洲“11.4”大停电事故分析及对我国电网运行工作的启示[J].电网技术,2007,31(3):1-6.
 [5] 王梦云,薛辰东.1995~1999年全国变压器类设备事故统计与分析[J].电力设备,2001,2(1):11-19.
 [6] 关根志.高电压工程基础[M].北京:中国电力出版社,2003.
 [7] 赵自刚,赵春雷.国产故障录波器现状分析及新型录波器展望[J].电网技术,1999,23(3):44-47.
 [8] 姚陈果,孙才新,王士彬,等.配电网过电压在线监测系统的设计与实现[J].电力系统自动化,2004,28(9):74-76.

(收稿日期:2009-03-10)

(上接第 51 页)

经逻辑判别作用于保护装置跳闸。电弧光保护系统由主单元、辅助单元和弧光传感器 3 部分组成。采用弧光做为主判据、过流为辅判据,能以最快速度切除故障回路,减少设备财产的损失,保护工作人员的人生安全^[7]。

(2)通过在 35 kV 元坝变电站、35 kV 羊木变电站、35 kV 中子变电站电弧光保护系统试运行,在试运行中整个系统软、硬件系统全部投入运行的情况下,对其进行了全面考查、监测和记录,运行实践证明,电弧光保护系统的运行稳定、可靠,未发生过误动、误发信号或通信中断等影响运行的现象。全部性能均已满足要求,通过在电弧光保护可应用于中低压母线保护、电缆保护、箱式变电站保护等多个领域。

参考文献

[1] 王维俭.电气主设备继电保护原理与应用(第二版)[M].北京:中国电力出版社,2001.
 [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.
 [3] 刘介才.工厂供电(第4版)[M].北京:机械工业出版社,2004.5.
 [4] <http://www.aptechina.com/club/showtopic-64915.html>
 [5] Study and Application of Arc Protection Relay 电力勘测设计 Electric power survey Design
 [6] The Arc Protection syetem and Its Application to the Internal Fault of Switchgear and the Busbar
 [7] 王唯之.高压开关技术通讯[M].北京:中国电力出版社,2004.

(收稿日期:2009-03-09)