

基于紫外法的开关柜弧光保护模块

在研究电力设备放电检测方法的基础上,通过分析电力设备电弧放电与紫外辐射的关系,提出了利用紫外脉冲法来监测开关柜电弧放电故障的新方法;并在该方法的基础上研制了开关柜弧光保护模块,达到了监测开关柜弧光并向保护装置发出报警信息的目的。通过多次紫外放电试验研究,验证了弧光保护模块能准确地监测出弧光放电以及放电的紫外脉冲数,达到了监测和保护开关柜的效果。试验表明采用该方法的保护模块,其输出的脉冲数与放电强度成正相关,同时此模块具有准确性、快速性和稳定性,能够用于初期的弧光保护系统中。

林 衡/福建省电力有限公司福州供电公司

0 引言

随着国民经济的发展,开关柜成为电力系统中非常重要的电力设备,并且在工矿企业中得到了广泛的应用,但是由于开关柜内部的绝缘结构损坏或外部故障等原因,导致开关柜电弧短路故障,给电力系统和工矿企业的正常运行以及人员安全造成了严重影响,并且带来了巨大的经济损失。因此,开关柜的安全问题越来越受到人们的重视。

针对开关柜弧光故障,目前现有的继电保护系统是无法在要求时间内切除弧光电流的,因为目前的继电保护系统的整定时间相对较大,对于一般的短路故障可以切除短路电流,但是对于弧光短路故障则没有有效措施,所以需要一种专门应对弧光短路故障的保护系统。芬兰Vaasa有限公司设计制造的弧光保护装置是比较成功的,并得到了大量应用。Vaasa公司生产的开关柜弧光保护系统主要是利用安装在开关柜内的弧光传

感器监测弧光信号,同时也监测线路的电流信号,并判断弧光短路故障。还有德国Moeeler公司生产的ARCON、ABB生产的ARC Guard System 电弧光保护系统也是应用了相同的原理。但由于其成本较高,数字化灵敏度较低,因此越来越不适应现今智能电网的发展。

鉴于以上问题,本文提出了基于紫外线的开关柜弧光监测技术,通过一种特殊的紫外传感器来采集开关柜发生弧光放电时的紫外线数量,从而准确、快速地判断开关柜中是否发生电弧放电故障。

1 紫外检测原理和紫外脉冲法原理

1.1 气体放电分析

气体放电存在的主要形式有辉光放电、电晕放电、火花放电和电弧放电。辉光放电是在气体间的电场增加到一定数值时,气体间的电流增加,气体间的空间出现发光现象,其是气体放电中最为微弱的放电现象^[1];电晕放电是在放电电极不均匀的电场中,当电场强度增加时,在电极端会出现蓝色的光晕,并会发出滋滋声,当电场强度继续增大时,气体放电就会局限在较小的范围内,形成局部放电^[2];火花放电是在电场强度较大时,两个电极间的气体发生击穿形成放电通道,这种发光的放电通道不是稳定的,而是在击穿的刹那间就消失;电弧放电是火花放电的延伸,当电场强度非常强时,电极间的气体会形成稳定的放电通道,并出现明亮的电弧,这种放



林 衡/工程师

关键词/Keywords

弧光·
紫外脉冲·
开关柜·

电通道持续时间较长,其是最强的气体放电形式^[3]。

1.2 气体放电频谱分析

在电力系统运行过程中,不同的原因会造成不同的电力设备放电故障,一般分为电晕放电、闪络和电弧放电,三种放电故障是递进关系,也就是放电强度逐渐变大。不管什么放电故障,都是一个释放能量的过程,在这个过程中会伴随着声、光等现象,随着放电强度的增强,声、光等的强度也是不同的。而放电产生的光含有紫外线和可见光等光谱。

一般情况下,紫外线的波长范围在10~400 nm之间,日光中也含有紫外线,其中波长小于280 nm的部分被大气臭氧层吸收,而通过大气层的紫外线波长范围一般在280 nm以上^[4],所以称280 nm以下的紫外线为日盲区^[5-6]。电力设备放电的光谱图如图1所示^[7-8],由图1可以看出,电力设备放电产生的紫外线绝大部分波长在280~400 nm之间^[9],还有一部分紫外线在230~280 nm之间,如果能探测到这部分紫外线,就可以在排除日光干扰的情况下判断电力设备是否发生了放电故障^[10]。

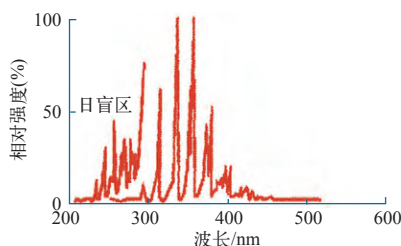


图1 典型的电力设备放电光谱

1.3 紫外脉冲检测

利用紫外传感器将电力设备放电信号以脉冲的形式进行测量^[11],以此来反映电力设备放电的情况,这就是紫外脉冲法^[12]。在单位时间内,所采集的脉冲数目的不同可以反映放电强度的不同。根据统计规律,放电强度越大^[13],空间内的紫外光子数就越密集,单位时间内所采集的脉冲数就越大^[14]。电力设备的放电强度 X 、紫外管阴极光通量 P 以及所测得脉冲数 M 之间的关系为

$$X \propto P \propto M \quad (1)$$

相对于紫外光功率法而言,紫外脉冲法测量准确度不高,但是测量的灵敏度较高,并且实现起来较为容易,比较适合本文所述开关柜弧光保护的要求,所以采用紫外脉冲法来判断电力设备是否发生电弧放电。在紫外脉冲法的基础上,计算采集脉冲时间 T 内的脉冲频次 Y ,通过脉冲频次来判定放电的强度, Y 值越大,说明紫外光密度越大,放电强度也就越大,其关系为

$$Y = \frac{M}{T} \quad (2)$$

2 开关柜弧光保护的技术要求

开关柜内部故障电弧燃烧所产生的能量主要与短路故障电流及电弧燃烧的时间有关,如图2所示。电弧燃烧100 ms后,电弧能量急剧增加,逐渐烧毁电缆、母线甚至设备本身,所以,任何弧光保护模块都要求在100 ms内将弧光短路电流切断,这样才能有效地保护开关柜及其内部的电力设备。

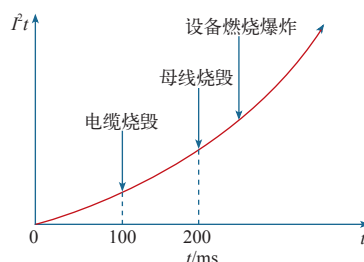


图2 电弧燃烧时间与释放的能量之间的关系曲线

开关柜弧光保护模块在本质上属于电力系统继电保护装置,所以它与电力系统继电保护具有相同的技术要求,即选择性、灵敏性、可靠性和速动性。即在发生开关柜弧光短路故障时,弧光保护模块要排除外界干扰,准确判定故障,并快速可靠地切除故障,以保护电力设备以及工作人员的生命安全。

3 保护模块硬件设计

3.1 装置的总体方案

开关柜弧光保护模块其原理框图如图3所示。

整个模块主要包括紫外监测模块、装置主机、GPRS数据通信单元和后台处理显示单元等。紫外传感器将弧光信号传至信号处理电路,并由中央信息处理器进行分析,若出现故障,则先发出跳闸信号,然后通过GPRS数据通信单元将报警信息发送至后台显示单元。后台显示单元显示所监测的电力设备运行情况,以供工作人员分析处理。

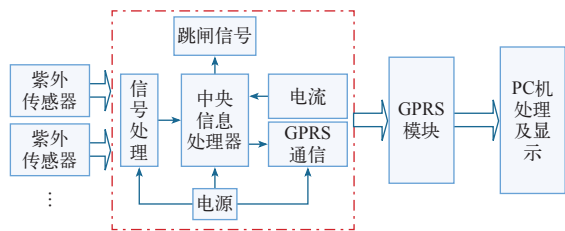


图3 基于紫外传感器的开关柜弧光保护模块原理框图

3.2 紫外传感器驱动电路

利用紫外传感器设计弧光监测电路需要考虑很多问题,为了使电路具有足够的灵敏度和较高的信噪比,通常选择的工作电压必须在某一范围内,不能太高也不能过低。经过多次试验,当工作电压在325 V时,电路的性能可以满足要求。

紫外传感器在应用中一般作为开关器件来使用,原因是其线性的工作区域较小,其驱动电路如图4所示。当紫外驱动电路监测到电力设备放电时,紫外传感器就会持续不断地放电,除非放电电压减小到最小的工作电压以下,放电过程才会终结。但是在这个过程中,即便电力设备放电结束,紫外传感器的放电过程也会持续。为了解决这一问题,紫外传感器的工作电路要有灭弧功能,即在电力设备停止放电(即没有紫外线产生)时,紫外传感器也停止工作。

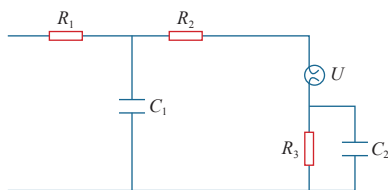


图4 紫外传感器驱动电路

3.3 电源模块

由于本装置采用模块化设计,所以本装置

的电源分为外部供电电源与主机部分电路供电电源。外部供电电源为整个装置提供电源,考虑到装置工作的稳定性,装置电源采用市场上通用的开关电源为整个装置供电。由于装置分为两部分,主机部分需要12 V的直流电源,紫外监测模块需要5 V的直流电源,所以本装置采用交流220 V转直流12 V和5 V的开关电源。而主机所在电路不仅需要5 V电源供电,还需要3.3 V电源供电。

4 弧光保护策略

开关柜弧光保护模块中,报警值是一个非常重要的阈值,该报警值是针对脉冲频次来说的。开关柜弧光保护模块在监测开关柜内部放电的基础上,来判断开关柜是否发生电弧短路故障。报警值就是开关柜内部放电的最低值,也就是临界于电弧短路故障与普通放电故障之间的数值。

主程序流程如图5所示。弧光保护的策略首先是通过试验确定动作阈值;当检测到电弧脉冲数超过阈值时,则发出报警信号和短路信号;当检测的电弧脉冲数小于阈值时,则重新开始采集脉冲数。

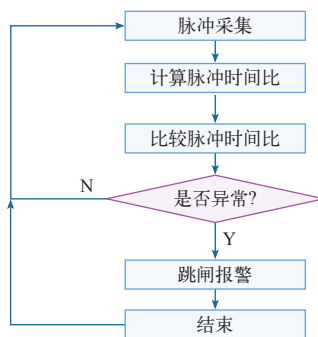


图5 主程序流程

5 电弧放电试验方法及结果

开关柜中安装弧光监测模块的位置与电弧放电点的位置是相对随机的,所以监测距离对报警值有很大影响,但是考虑到电力设备尤其是开关柜中发生电弧短路的位置一般在开关柜的中下部,且所安装的电力设备相对较为密集,所以一般将开关柜弧光监测模块也安装在开关柜的中下部。

5.1 试验数据

在电弧放电光强不变的条件下,距离放电点15~90 cm的位置,每隔5 cm设置一个测量点,分别测量各个点的脉冲频次,每个点的测量数值通过测量多次求平均值的方法来确定,测量结果如图6所示。

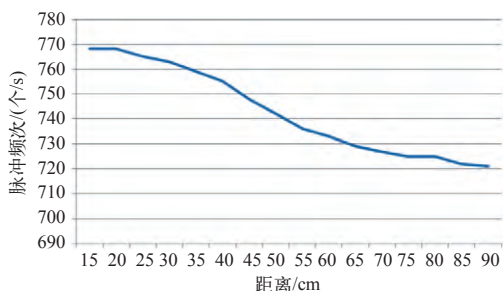


图6 电弧放电时脉冲频次与距离的关系

由于放电的不连续性,在不同的采样时间中,脉冲频次也是不同的。试验中,使弧光放电时间离散,采样时间分别为0.2 s、0.4 s、0.6 s、0.8 s和1.0 s,在20~90 cm内每隔10 cm设置监测点,所测得的脉冲频次如图7所示。

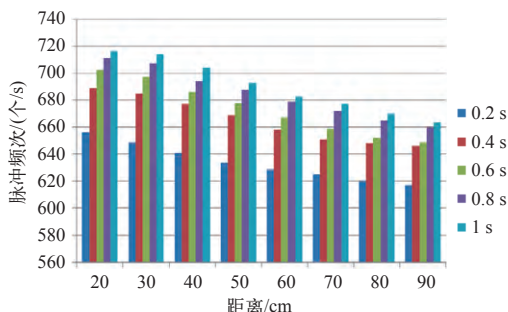


图7 电弧放电不同采样时间下脉冲频次随距离变化关系

对试验数据进行分析后,考虑到安装距离过远会造成整个模块的灵敏度降低,因此得到的最佳监测距离为50~70 cm。

5.2 试验结果分析

由图7可以看出,随着采样时间的增加,所测得的脉冲频次增大;即在不连续放电的情况下,所采集到的脉冲频次越接近于真实值。但是要在短时间内切除故障,采样时间不能太长,否则影响模块的速动性;若采样时间过短,则会影响模块的准确性。所以,根据试验所得数据,取采样

时间在0.2~0.4 s之间的脉冲频次作为报警值。

虽然上述的报警值及采样时间的设置方法具有监测死角,即采样结束后,中央处理器处理数据时,发生的弧光故障将无法监测;但是,由于弧光放电是一个过程,这个过程持续的时间就为监测设备创造了判断时间。所以,以上所提出的保护方法可行、可靠。

6 结束语

以弧光短路故障对开关柜等电力设备造成的重大损害和对工作人员的人身安全造成的重大威胁为背景,分析了现有电力设备放电的监测方法,并分析了电力设备电弧放电与紫外辐射之间的关系,提出了利用紫外脉冲法来监测电力设备弧光放电的新方法,并在该方法的基础上研制了开关柜弧光保护模块,在模拟电力设备弧光放电的情况下进行了试验,试验结果表明开关柜弧光保护模块可以有效地监测电弧,并对电弧故障及时发出报警信息。

参考文献

- [1] 刘云鹏,王会斌,王娟,等.高压开关柜局部放电 UHF 在线监测系统研究[J].高压电器,2009,45(1):15-17.
- [2] 张海峰,庞其昌,李洪,等.基于UV光谱技术的高压电晕放电检测[J].光子学报,2006(35):1162-1166.
- [3] Vaillancourt G H, Carignan S, Jean C. Experience with the detection of faulty composite insulators on high-voltage power lines by the electric field measurement method[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1998(13):661-666.
- [4] 陈田.基于ARM的高压开关柜在线监测系统研究与开发[D].上海:上海工程技术大学,2015.
- [5] 黄荣辉,张欣,向真,等.中压开关柜在线监测软件系统设计[J].电气应用,2015(12):144-147.
- [6] 陈剑光.开关柜局部放电暂态地电压的检测特性研究[J].电气应用,2016(2):75-77.

(下转第52页)

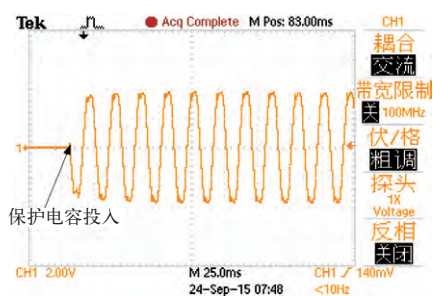


图13 电容过电压保护

4 结束语

本文提出一种新的取电思路，通过在中压变压器的二次侧并联分压电容、串联匹配电感，利用分压电容、变压器和匹配电感谐振来提供相对稳定的电压输出。对电路进行了分析和实验，得到如下结论：

- 1) 取电电路的关键在于变压器的设计，变压器的励磁阻抗和效率直接影响整个电路的输出功率。
- 2) 给出了各元件参数的计算方法，设计了能耗型和电容限压型两种过电压保护电路。
- 3) 通过样机带载实验，验证了所提出的新高压取电电路的可靠性。

参考文献

[1] 张文亮, 刘壮志, 王明俊, 等. 智能电网的研究

进展及发展趋势 [J]. 电网技术, 2009, 33 (13) : 1-11.

- [2] 霍骋, 石夏琴, 何怡刚. 智能电网中射频识别技术的研究 [J]. 电工技术学报, 2013, 28 (2) : 384-386.
- [3] 宋振. 电流互感器取电的开关电源研究 [D]. 西安: 西安科技大学, 2010.
- [4] 周良璋, 张庆华, 等. 高压电容取电装置: 中国, CN 203813534 U [P]. 2014-09-03.
- [5] 元增民. 变压器输入阻抗与输出阻抗的分析计算 [J]. 变压器, 2006, 43 (8) : 5-9.
- [6] 马朝华. 电容式电压互感器暂态特性研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2007.
- [7] 王乐仁. 一种用于高压电能表供电信号的电容式分压器: 中国, CN 203149007 U [P]. 2013-08-21.
- [8] 贝冠祺, 王全保. 小功率变压器 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [9] 李发海, 王岩. 电机与拖动基础 [M]. 3版. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [10] 陈希有. 电路理论基础 [M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2005.

(收稿日期: 2015-11-12) EA

(上接第46页)

- [7] 吕振国. 高压开关柜局部放电检测技术探析 [J]. 低碳世界, 2016 (3) : 50-51.
- [8] 匡红刚, 张占龙. 基于紫外光功率法的电力设备电晕放电检测仪 [J]. 现代科学仪器, 2009 (4) : 36-39.
- [9] 胡伟涛, 王胜辉. 浅谈紫外检测仪检测电晕放电的影响因素 [J]. 华北电力技术, 2009 (1) : 6-13.
- [10] 杜林, 崔婷, 孙才新. UVTRO NR2862型紫外传感器检测交流电晕放电 [J]. 高电压技术, 2009 (35) : 272-276.
- [11] 王灿林, 王柯, 王黎明, 等. 基于紫外光脉冲检

测技术的绝缘子电晕特性研究 [J]. 中国电机工程学报, 2007 (36) : 19-25.

- [12] 黄新波, 王列华, 唐书霞, 等. 智能变电站开关柜综合状态监测IED设计 [J]. 中国电力, 2014 (2) : 84-89.
- [13] 袁昌武, 何为, 陈涛. 应用紫外法检测低值 (零值) 绝缘子的实验研究 [J]. 重庆科技学院学报: 自然科学版, 2008 (1) : 78-81.
- [14] 李青文, 陈涛, 汪金刚, 等. 紫外脉冲法在特高压放电检测中的应用 [J]. 高电压技术, 2006 (12) : 26-29.

(收稿日期: 2016-06-14) EA