

基于紫外脉冲法与 SMS 的绝缘子污秽实时监测系统

汪金刚¹, 林伟², 何为¹, 汪泉第¹, 熊兰¹

(1. 重庆大学输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室, 重庆 400044; 2. 重庆电力科学试验研究院, 重庆 401123)

摘要: 研究了基于 SMS 传输的绝缘子污秽实时监测系统。系统在一些预定的地点设立监测点, 利用全球移动系统 (GSM) 公众无线通信网的短信息服务 (SMS) 作为通信平台, 与监测服务器构建成多点对一点的星型网络, 实现对线路绝缘子表面污秽状态的实时监测。并对不同气候环境下绝缘子绝缘状态进行分析, 监控绝缘子污秽状态的变化, 从而了解整个线路污秽状态, 避免事故的发生。目前共有 5 台监测终端与一台服务器小型系统正在运行, 状况良好。

关键词: 紫外脉冲法; 虚拟仪器; SMS; 绝缘子污秽; 在线监测

Real-time monitoring system for insulator surface based on ultra-violet pulse detection and SMS

WANG Jin-gang¹, LIN Wei², HE Wei¹, WANG Quan-di¹, XIONG Lan¹

(1. State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, Chongqing University, Chongqing 400044, China; 2. Chongqing Power Scientific Testing Institute, Chongqing 401123, China)

Abstract: Based on SMS transmission, this paper presents a real-time monitoring system for insulator surface contamination. By setting up monitoring points in the predefined areas and with the SMS transmission platform, a star monitoring system can be constructed to monitor all the nodes in the monitoring net. So the monitoring system can real-time monitor the surface contamination condition of the line insulator, analyse the insulator's insulation condition in different climate environment, and check the change of surface contamination to grasp the whole line condition, and thus accidents can be avoided. At present, five monitoring terminals and one server small system are operating and the status is good.

This work is supported by Natural Science Foundation of Chongqing (No.2074920070057).

Key words: UV pulse detection; labview; SMS; insulator pollution; on-line monitoring

中图分类号: TM764 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2011)03-0095-05

0 引言

架空输电线路在运行过程中, 空气中的尘土、盐碱、工业烟尘等各种微粒或鸟粪都会堆积在绝缘子外表面形成污秽层。近年来, 我国工农业生产迅速发展, 大气污染加剧, 输电线路污闪问题日趋严重。据统计, 在电力系统总事故数中污闪事故次数仅次于雷害, 位居第二, 而污闪事故所造成的损失却是雷击事故的10倍^[1]。

绝缘子污秽度的检测, 目前运用较多的是等值盐密 (ESDD) 法、积分表面污层电导率法、脉冲计数法、泄漏电流法和绝缘子污闪电压梯度法等五种方法^[2-3]。文章介绍的基于紫外脉冲的绝缘子检测法, 能有效地反映运行中绝缘子由于污秽、老化等

原因导致的放电强度和次数的变化, 实现了非接触、带电检测, 具有广阔的应用前景。

由于绝缘子表面污秽程度不同时, 其电晕放电中的紫外脉冲数量将产生变化, 通过监测紫外脉冲数量的变化, 可以判断绝缘子表面的污秽状态。本文基于文献[4-6]的理论研究和SMS传输网络研究并采用虚拟仪器技术开发了基于紫外脉冲法和SMS的绝缘子污秽监测系统。将监测终端安装在预定的监测点, 监测中心对各个监测点的数据进行分析, 判断各个监测点的污秽状态, 从而了解整条线路的污秽状态。通过挂网运行表明, 该系统能够有效监测绝缘子表面的污秽变化。

1 绝缘子污秽紫外脉冲法监测原理

绝缘子污秽变化将导致放电变化, 在绝缘良好的情况下, 清洁绝缘子的放电较少, 而污秽绝缘子

基金项目: 重庆市自然科学基金攻关项目 (2074920070057)

则经常在湿度较大时放电明显增加^[3]。图1是不同污秽程度下单只污秽绝缘子的50%起晕电压曲线,从图中可以看出,等值附盐密度越大,绝缘子的50%起晕电压越低,同等外部条件下绝缘子放电概率越大^[2-3,7]。

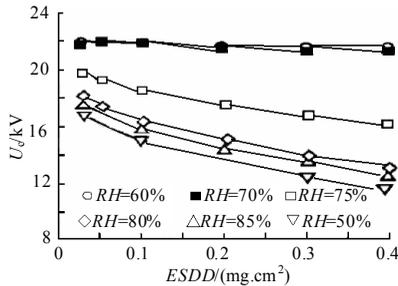


图1 不同污秽程度下单只污秽绝缘子的50%起晕电压曲线
Fig.1 50% corona voltage figure of contaminated insulator

气体放电过程中伴随有光效应,会辐射紫外线。由电晕放电的光谱分析^[4-6]可知,其波长大部分在280~400 nm的范围,有小部分为230~280 nm。通过检测放电日盲区紫外线来检测其放电强度。因此,选用工作波长在太阳盲区的紫外传感器,能实现对设备放电产生的紫外线的探测,进而判断设备放电强度的变化。

为了验证理论的正确性,在河南电力试验研究院高压大厅外进行了110 kV的污秽绝缘子放电试验,观测了不同污秽和湿度情况下放电紫外脉冲的变化。图2(a)为清洁绝缘子的放电情况,图2(b)为涂污后90 min开始测量的绝缘子放电情况,此时绝缘子串处于半干状态。可以看出,图2(b)的放

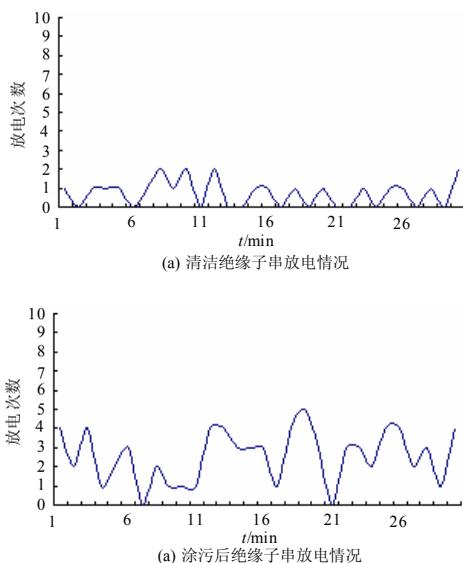


图2 清洁绝缘子与人工涂污绝缘子放电情况
Fig.2 Ultra-violet pulse in the corona discharge when the insulators are clean and polluted respectively

电次数比图2(a)放电次数明显增加,装置正确反映了潮湿状态下污秽绝缘子的放电比清洁绝缘子要强烈的现象。

2 监测系统

本文基于上述原理开发了LP-1型污秽绝缘子监测仪,并通过运行验证了系统工作的稳定性与准确性。

2.1 系统结构图

图3为监测系统的结构图,监测系统分为监测终端——LP-1型污秽绝缘子监测仪、传输通道(SMS)、监测服务器三大部分。在每个选定杆塔的中下部安装一个监测终端,作为一个监测点,距离绝缘子4 m左右,对准绝缘子串。监测终端以高灵敏的日盲型紫外传感器作为信号探头,采用太阳能供电,对绝缘子放电辐射的紫外脉冲进行连续监测。当绝缘子发生放电时,发出的紫外光触发紫外传感器,输出脉冲,经过控制及数据处理模块记录紫外线脉冲,并记录现场的温度、湿度等信息。终端获得数据后在本地保存同时通过GSM模块以短消息方式定时向监测服务器发送数据。服务器则将所有的测量信息保存,在前台界面以图形与数值的方式显示,服务器通过对大量现场数据的分析,判定线路绝缘子的运行状况,从而得到整条线路的污秽状态,提供运行参考。

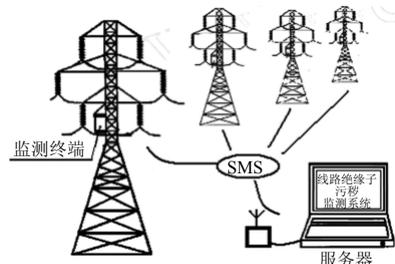


图3 污秽在线监测系统结构示意图
Fig.3 Construction of contamination monitoring system

2.2 LP-I型污秽绝缘子监测仪

图4为LP-I型污秽绝缘子监测仪,主要功能是监测绝缘子放电中紫外脉冲数量,并向监测中心发送数据。其结构框图如图5所示,由太阳能电池、蓄电池、电源转换模块、传感器模块、温湿度模块、短消息模块、大容量存储器以及处理器组成。

2.2.1 紫外传感器模块

紫外传感器模块部分是系统的核心,由紫外传感器单元、驱动单元、控制单元三部分组成。控制单元由单片机编程实现。驱动单元构成紫外传感器的驱动电路,并提供320 V的工作电压。

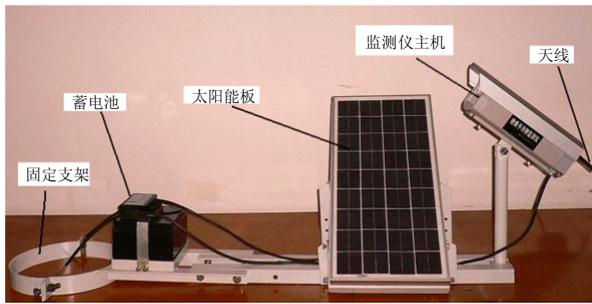


图 4 LP-I 型污秽绝缘子监测仪

Fig.4 LP-I insulator surface contamination monitoring

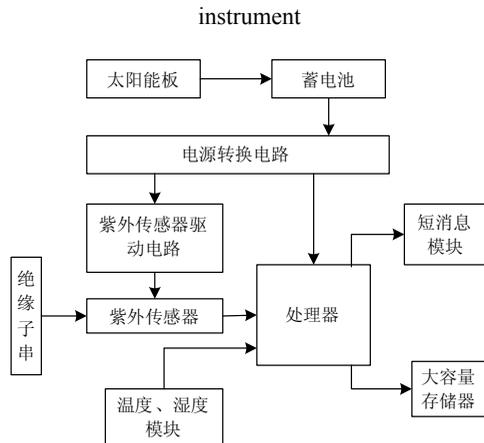


图 5 LP-I 型监测仪原理框图

Fig.5 Schematic diagram LP-I insulator surface contamination monitoring instrument

文章选用的紫外传感器工作波长范围为 185~260 nm, 处于日盲区, 能防止太阳光的干扰。它的工作原理基于金属的光电发射效应和电子繁衍理论, 如图6所示。通过在传感器的阳极和光阴极间加上驱动电压在两极间建立电场, 当具有一定能量强度的紫外线射入光阴极表面, 就会产生光电发射效应, 逸出光电子。光电子在向阴极加速运动的过程中, 与两极间的气体粒子碰撞引起电离, 电离产生的新电子又与其他粒子碰撞, 在阳极和光阴极之间迅速形成很大的电流, 产生放电。

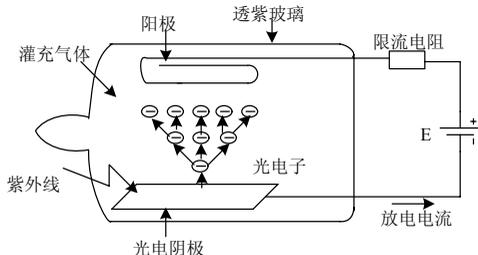


图 6 紫外传感器的工作原理

Fig.6 UV sensor's operating principle

2.2.2 温湿度模块

由于绝缘子污秽放电受气候变化尤其是温度的

影响较大, 为了准确判定绝缘子污秽程度, 装置在紫外脉冲检测器中增加一个数字式温湿度传感器 SHT11, 实时地监测环境温湿度的变化, 并将测得的现场数据发送给监测服务器。

2.2.3 电源模块

太阳能电池板对蓄电池提供电源, 保证各种气候下仪器不间断供电。电源转换电路将蓄电池的输出转换为 5 V 与 12 V 直流电, 提供给处理器、温湿度模块、GSM 模块使用, 同时采用逆变器经整流、滤波提供紫外传感器的直流高压。系统选用了 20 W 多晶硅太阳能电池板以及充电控制模块和 12 V/24 AH 的铅酸电池, 最大充电电流为 5 A。经测试阴天白天条件下平均电流为 16 V/100 mA, 系统平均功耗 5 V/300 mA, 基本满足要求, 当太阳光不足的时候, 大容量的蓄电池能够起一定的缓冲作用, 在长期阴雨天气时, 需要依靠和大容量储存器节电模式运行来弥补。

2.2.4 通信模块

系统采用短信通信方式, 模块采用西门子的 MC35, 该模块提供的命令接口符合对短消息做出详细规定的 GSM07.05 规范和定义了 AT 指令的 GSM07.07 规范。微控制器通过串口向 GSM 模块发 AT 命令完成对短消息的发送、接收、删除等操作。在短消息模块收到网络发送的短消息时, 能通过串口向微控制器发送指示消息。微控制器则通过向短消息模块发送相应的 AT 指令读取短消息及完成其他操作。

2.3 基于SMS的数据通道及数据传输策略^[8-10]

系统采用 GSM 作为通信平台, 每一个监控终端使用一 SIM 卡, 具有唯一辨识身份。监控终端的微处理器的串口通过标准 AT 指令操作 GSM 模块, 控制短消息的收发、命令的调度。服务器经过串口指挥通信节点 GSM 模块与各终端通信。系统采用多个终端对服务器的通信组网方式, 监控终端与服务器双方都是采用的 GSM 模块。每一终端每隔 60 分钟向服务器发送一条数据短信, 根据短信的实际收发速度, 系统可以接收 1024 个监控终端的数据。

采用 SMS 传输数据, 可以降低成本, 提高数据的可靠性。SMS 的收发占用的是 GSM 网络的信令信道, 是双向通信, 具有一定的交互能力, 可以实现双向控制, SMS 具有较高的可靠性、覆盖范围广^[8]。

但是由于监测数据量大, 短信数量多, 造成系统功耗大; 同时终端数量多, 造成费用高。因此须采用一定的数据传输策略, 在保证数据准确传输的同时, 降低费用和功耗。由于一定范围内的紫外脉冲数量具有一定的相关性, 可采用差分脉冲编码调

制法 (DPCM) 对数据进行压缩, 能获得 3~4 倍的压缩比, 这样一条短信就可以有 5~6 小时的信息量。按照此策略, 一天的短信数量为 5~6 条, 节省带宽、电能以及运行费用得到了较大限度的体现^[8-10]。

2.4 基于虚拟仪器^[11-13]的监测软件

监测软件采用 Labview 技术, 提高了系统稳定性及灵活性。虚拟仪器由信号采集模块、信号处理模块和结果显示模块组成。信号采集模块使用了串口通信模块, 使用 AT 指令实现对 GSM 模块的控制, 接收任意终端数据, 根据发送方的号码辨别终端的编号, 将接收的数据储存到对应的数据库中。信号处理模块将采集接收到的数据进行解压缩、数字滤波、数值转换到通用时间轴上来, 用于数据的显示、回放等。同时根据历史数据学习得到的判据, 对绝缘子串的污秽状态进行判断并进行预警。

3 试验结果与分析

为了验证系统工作的稳定性以及监测的准确性, 特别是供电模块的稳定性和持续性, 我们将监测系统在壁山供电局进行运行, 如图 7 所示。经测试, 系统能够长时间地稳定运行, 并观察实际监测效果以及系统可靠性、稳定性。通过长时间的试验, 对每个监测终端同时进行测试。



图 7 在线运行的检测仪

Fig.7 The on-line monitoring instrument

结论如下:

1) 在平均气温 5℃~10℃, 湿度在 50%~80% 之间, 多云天气下连续工作 15 天, 太阳能供电电路稳定供电, 遇见长时间阴雨天气无法正常工作时, 系统自愈合能力强, 运行稳定可靠。

2) 数据通信稳定可靠。目前五点对一点的集中式短信收发数据未出现问题。

3) 整套装置自 2007 年在现场投入运行以来, 工作稳定。在监测服务器处可以查看各监测点的历史数据, 如图 8 所示。其中, 窗口 I、II 与窗口 III、IV 分别为监测点 1 和 2 不同时间段的数据。可以看出, 窗口 I、II 的平均放电脉冲在 50 cpm (count per minute) 左右, 窗口 III、IV 的放电较微弱, 只有窗

口 III 偶尔有些数值比较大的干扰数据, 同一点的数据基本稳定, 因此这两处的绝缘子污秽状况没发生大的变化。由于监测点 2 处的绝缘子在预试中进行过清理, 所以测得的脉冲数比监测点 1 要少, 这也验证了装置的性能, 能对绝缘子的污秽程度做出反应。

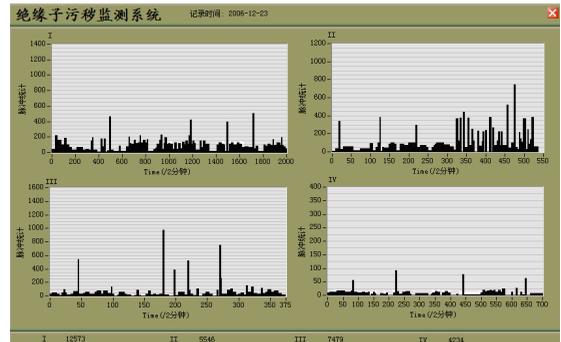


图 8 监测数据查看界面

Fig.8 Monitoring results of the daily operation

4) 装置在运行期间, 监测的绝缘子所在 110 kV 线路进行了一次大修。图 9 是在数据库提取的清扫前和清扫后各一天 24 小时绝缘子放电紫外脉冲检测测量的对比图。这两天的气候情况相似, 但从图中可以看出测量数据有明显的差距, 可以看出清扫前, 属于污秽程度较严重的情况, 紫外脉冲数目在 2000~3500 cph (count per hour), 而清扫后仅有 500~1000 cph。与前面试验大厅结果一致, 但整体脉冲数目高于大厅试验, 原因是户外环境比实验大厅复杂多变, 且受负荷和电场分布等多种因素影响。下午 13:00 到 16:00 期间, 气温高, 负荷大, 放电比较严重。



图 9 挂网试验中绝缘子清扫前后的紫外脉冲数

Fig.9 UV pulse count before and after insulator cleaning in-services testing

4 结论与展望

基于紫外脉冲法和 SMS 的监测系统实现了对绝缘子表面污秽的长期实时监测, 从而为线路绝缘子的污秽状态变化提供了信息, 监测无需接触高压设

备和绝缘子。运行表明:

1) LP-I 型污秽绝缘子监测仪能够有效反应不同污秽程度下绝缘子表面放电中的紫外脉冲数目变化, 为电力安全运行提供有效参考;

2) 基于 SMS 的数据传输, 采用差分脉冲编码调制法 (DPCM) 对数据进行压缩, 降低了成本, 提高数据的可靠性;

3) 经过长时间的运行考验, 表明该监测系统工作稳定可靠, 能够在各种天气环境下稳定运行。

绝缘子放电尤其是自然污秽下的放电机理复杂, 受多种因素的影响, 要弄清紫外脉冲法检测的放电次数与运行中绝缘子污秽程度的关系, 还需要更进一步的试验分析和现场运行经验的总结。

参考文献

- [1] 顾乐观, 孙才新. 电力系统的污秽绝缘[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1988.
GU Le-guan, SUN Cai-xin. Pollution insulation of electric power system[M]. Chongqing: Chongqing University Press, 1988.
- [2] 聂一雄, 尹项根. 绝缘子在线检测方法的探讨[J]. 电瓷避雷器, 2000 (2): 3-8.
NIE Yi-xiong, YIN Xiang-gen. Approaching to on-line detection methods for insulators[J]. Insulators and Surge Arresters, 2000 (2): 3-8.
- [3] 戴克铭. 线路污秽绝缘子的在线监测[J]. 供用电, 2004 (2): 33-34.
DAI Ke-ming. On-line monitoring system of insulator surface contamination[J]. Distribution & Utilization, 2004 (2): 33-34.
- [4] 陈涛, 何为, 刘晓明, 等. 高压输电线路紫外在线检测系统[J]. 电力系统自动化, 2005, 29 (7): 88-92.
CHEN Tao, HE Wei, LIU Xiao-ming, et al. An on-line ultraviolet detecting system of EHV transmission lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29 (7): 88-92.
- [5] 何为, 陈涛, 刘晓明, 等. 基于紫外脉冲法的非接触式低值 (零值) 绝缘子在线检测系统[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (10): 73-78.
HE Wei, CHEN Tao, LIU Xiao-ming, et al. On-line monitoring system of faulty insulator based on non-touching UV pulse method[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (10): 73-78.
- [6] 陈涛. 基于非接触式方法的低值 (零值) 绝缘子检测[D]. 重庆: 重庆大学, 2006.
CHEN Tao. Study on non-contact detection for faulty insulators[D]. Chongqing: Chongqing University, 2006.
- [7] 周兴韬, 王玮, 倪平浩, 等. 高压绝缘子污秽泄漏电流采集装置的设计与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(6): 100-103, 114.
ZHOU Xing-tao, WANG Wei, NI Ping-hao, et al. Design and implementation of a device for acquiring leakage current on polluted high voltage insulator[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(6): 100-103, 114.
- [8] 吴军基, 王文斌, 张鹏, 等. 基于GSM短消息远程抄表系统研究[J]. 电力自动化设备, 2006, 26 (4): 53-55.
WU Jun-ji, WANG Wen-bin, ZHANG Peng, et al. Remote metering system based on GSM[J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26 (4): 53-55.
- [9] 黄明, 彭苏萍, 张丽娟, 等. GIS、SMS/GPRS的环境监测系统设计与实现[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2008, 29 (7): 749-754.
HUANG Ming, PENG Su-ping, ZHANG Li-juan, et al. Design and implementation of an environmental monitoring system based on GIS, SMS/GPRS[J]. Journal of Harbin Engineering University, 2008, 29(7): 749-754.
- [10] 黄新波, 孙钦东, 丁建国, 等. 基于GSM SMS的输电线路覆冰在线监测系统[J]. 电力自动化设备, 2008, 28 (5): 72-76.
HUANG Xin-bo, SUN Qin-dong, DING Jian-guo, et al. Transmission line icing monitoring system based on GSM SMS[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28 (5): 72-76.
- [11] 孙鹤林, 吕元龙, 田跃军. 基于GPRS与虚拟仪器的远程电能质量监测系统[J]. 继电器, 2007, 35(1): 59-62.
SUN He-lin, Lü Yuan-long, TIAN Yue-jun. Remote power quality monitoring system based on GPRS and virtual instruments[J]. Relay, 2007, 35(1): 59-62.
- [12] 冯义, 左自强, 方琼, 等. 基于虚拟仪器的电力变压器局部放电在线监测系统[J]. 高压电器, 2004, 40(2): 115-118.
FENG Yi, ZUO Zi-qiang, FANG Qiong, et al. On-line detecting system for partial discharge in power transformer based on virtual instrument[J]. High Voltage Apparatus, 2004, 40 (2): 115-118.
- [13] 刘海昌, 刘豪, 王姣侠, 等. 电能质量远程监测系统的设计与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(1): 109-111.
LIU Hai-chang, LIU Hao, WANG Jiao-xia, et al. Design and implementing of remote power quality monitoring system[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(1): 109-111.

收稿日期: 2010-02-04; 修回日期: 2010-07-05

作者简介:

汪金刚 (1979-), 男, 博士, 主要研究方向为输电线路在线监测。E-mail: jingang_023@163.com