

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.01.026

# 局部放电紫外检测模糊推理量化分析系统

马立新, 浦荣杰, 张 骏

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

**摘要:**针对紫外放电检测存在巡检中不易被发现、紫外成像检测设备成本昂贵并且很难分析其放点强度等问题,对高压放电、无线通信、模糊理论等方面进行了研究,对局部放电紫外检测方法进行了归纳,设计了局部放电紫外检测模糊推理量化分析系统。为了适应不同传输的要求,系统通讯使用了有线传输到触摸屏、无线传输到附近的服务和通过 GSM 传输到手机进行监控 3 种传输方式。最后利用电视机里面的高压包模拟高压局部放电进行了实验。实验结果分析表明,该系统可以实时检测高压设备的放电状态,并可以得到设备的放电强度。

**关键词:**紫外检测;无线通信;模糊理论;LabVIEW

中图分类号:TM93

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2015)01-0137-04

## The system that calculating the intensity UV-absorption by fuzzy theory

MA Li-xin, PU Rong-jie, ZHANG Jun

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai  
for Science & Technology Shanghai 200093, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of the phenomena of ultraviolet discharge are not easy to be discovered and the cost of UV imaging detection equipments is not cheap and the intensity of ultraviolet discharge can not be judged, high pressure discharge and wireless communication and the fuzzy theory were studied. To summarize the of ultraviolet Emissions, the system was designed that calculating the intensity UV-absorption by fuzzy theory. Three kinds of transmittal modes were used for different requests, one was cable transmission to the touch screen, another was wireless transmission to the near server and the last one was GSM transmission to the mobile phones of Monitor. The FBT in the TV was used to simulate high voltage partial discharge experiment. The experimental results show that the system can real-time monitor discharge state of high voltage equipment and it can judge the discharge intensity.

**Key words:** ultraviolet detection; wireless communication; fuzzy theory; LabVIEW

## 0 引 言

随着输变电电压等级的提高,电力设备的电压越来越高,对电力设备的绝缘性能要求也越来越高。在这些设备中,由于电极和绝缘表面存在的缺陷、导线外绝缘损伤或老化等原因可能造成电力设备局部放电,如果该类故障得不到及时处理,有可能会导致绝缘的最终击穿与失效,甚至造成电力设备的损坏。为预防这类事故的发生,在不影响正常输变电情况下,电力设备局部放电的在线检测就显得十分必要<sup>[1]</sup>。

目前的高压电力设备放电检测一般通过红外成像

仪、高频探测仪<sup>[2]</sup>、紫外成像仪<sup>[3-4]</sup>等进行,但存在成本高、操作复杂、灵敏度不足、对早期放电危险难以预报、不能定量表示放电程度等弱点。高压设备产生局部放电是会产生紫外光,研究者可以通过检测紫外的强弱来判断设备的放点情况。而且检测光信号可以在不影响设备的情况下进行,因此紫外检测可以做到不停电、不影响系统运行状态,并且其抗干扰能力也很强。

但是,目前的紫外检测设备都是紫外成像仪,其成本高且不能检测放电设备的放电强度。为此,本研究提出局部放电紫外检测模糊推理量化分析系统。

## 1 高压电气紫外放电检测原理

高压设备发生局部放电时,会辐射出光,其光谱包括紫外、可见光、红外 3 个谱段,随着外加电压的增加,局部放电所辐射光谱在紫外区域也随之增强。

高压电力设备局部放电产生的紫外光谱主要集中在 200 nm ~ 400 nm 以下波段。空气中太阳辐射的波长范围很宽,但波长 220 nm ~ 280 nm 之间的成分几乎被地球的臭氧层完全吸收,波长在 300 nm 以下的“太阳光谱盲区”的紫外辐射已经变得极其微弱。

根据设备放电的特点<sup>[5]</sup>,放电时辐射的紫外光类似于脉冲电流法的电流脉冲信号,通过传感器采集紫外光辐射产生的光脉冲,去除噪声等环境干扰后,对单位时间的有效脉冲信号的数目进行统计,就是紫外脉冲法。通过统计传感器输出的脉冲数目的密集程度作为判断光强的依据:

$$\alpha = \frac{n}{N} \propto P \quad (1)$$

式中: $\alpha$ —表示脉冲数目的密集程度, $n$ —一定时间内的脉冲数, $N$ —一点时间内的采集点数, $P$ —仪器出的紫外强度。

放电源与光传感器距离远大于放电源大小,放电发光源可认为是点光源,根据点光源的辐照度计算公式,得到:

$$P = \frac{1}{r^2} S \cos\theta \propto \alpha \quad (2)$$

式中: $r$ —距离, $S$ —阴极面积, $J$ —光源的辐射照度, $\theta$ —光源发射方向与仪器受光面法线的夹角。

因此,当距离  $r$  与角度固定后,仪器测量可以直接反映紫外辐射强度。

## 2 检测系统的硬件设计

系统的硬件部分包括传感器检测部分,数据采集计算和传输部分以及显示终端部分,结构如图 1 所示。

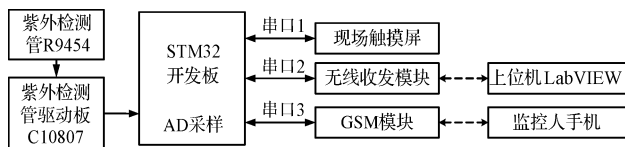


图 1 系统结构示意图

### 2.1 传感器检测部分

经过比较分析,本研究选用日本 HAMAMATSU 公司的日盲型紫外传感器 R9454,其实物图如图 2 所示。

日盲型紫外传感器 R2868 是利用金属的光电效应和气隙倍增效应制作而成的,其工作在太阳盲区中



图 2 R9454 实物图

的 185 nm ~ 260 nm 波段,该波段不受太阳辐射的干扰,不需要采用可见光滤波器滤除背景紫外辐射,可有效地检测到电晕放电的紫外脉冲。

紫外检测管 R9454 经过驱动板 C10807 处理后得到标准的方波信号,方波信号频率与放电产生的紫外射线强度有一定的关系。

### 2.2 信号采集处理和传输部分

系统是采用 STM32F103RBT6 芯片的 STM32 开发板,它采集紫外检测管检测到的紫外信号计算分析后发送到各个显示终端<sup>[6]</sup>。

驱动板出来的紫外方波信号进过脉冲甄别模块,排除随机干扰。然后对输出信号进行 A/D 采样,使用规则通道单次采样模式,采样率设置 239.5 周期,即  $(239.5 + 12.5) / 12 \text{ M} = 21 \mu\text{s}$  定时采集一次,采集数据放在存储器中,通过对存储器中采集的信号边沿的分析来计算得到信号的周期和频率。

传输部分即把处理后的信号通过串口 1 发送到现场的触摸屏,串口 2 发送到无线收发模块,附近 1 000 m 附近的上位机 LabVIEW 能够接收,通过串口 3 发送给 GSM 模块,警告或报警信息无距离限制送到监控人的手机。

### 2.3 显示终端部分

现场触摸屏便于现场安检,形象直观,方便在触摸屏上对 STM32 完成参数设置等。现场触摸屏接收的数据如图 3 所示。

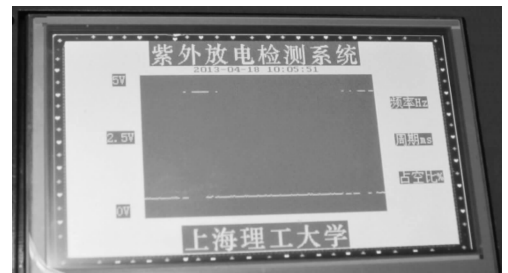


图 3 现场触摸屏接收的数据(原始数据)

LabVIEW<sup>[7]</sup> 上位机可以作为监控室的终端服务器远程监控,能接受多个现场发送的数据,可组网监控,具体监控点数目由电脑支持串口数决定,并能把采集的紫外信号定时保存成 excel 表格方便查询。上位机

LabVIEW 界面如图 4 所示。

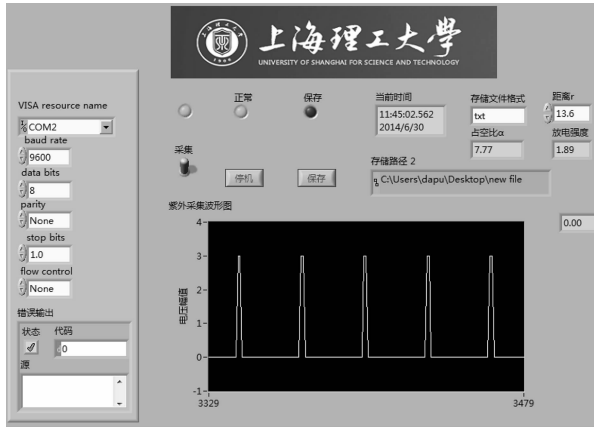


图 4 上位机 LabVIEW 界面

GSM 模块接收 STM32 开发板采集紫外信号的频率,当信号频率达到不同的等级时,模块定时发送设定好的不同短信息给监控人的手机,监控人也可以编辑短信实时查询紫外信号频率,而达到警告级别时,模块会直接呼叫监控人的手机报警。

### 3 程序设计流程图

系统的流程图如图 5 所示。系统首先进行初始化,之后进行采样,通过 STM32 进行数据处理,然后将数据通过串口发送到触摸屏,上位机, GSM 模块。

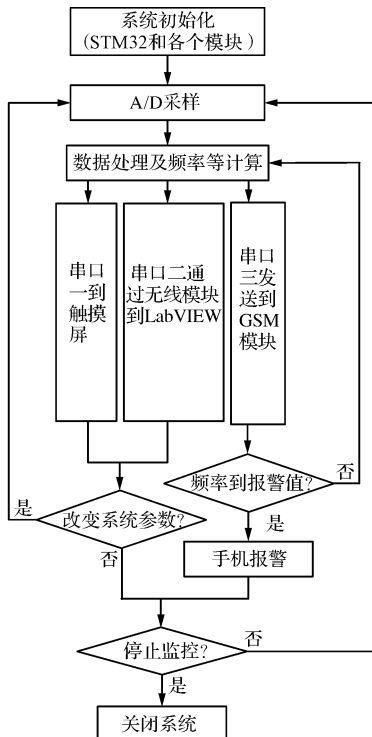


图 5 程序流程图

程序算法<sup>[8]</sup>在 STM32 中有两个关键的问题:一个是信号采样,另一个是频率计算。本研究 A/D 连续采集 500 个点,按照各个终端的协议分别发送到各个串

口的显示。而频率则是通过对信号上升沿和下一个上升沿的时间间隔来计算的,但是为了减少信号的电磁干扰,如图 3 所示的原始数据,必须在低电平的情况下,连续出现 10 个点都是高电平才算是上升沿,处理后的信号即如图 4 所示的规范方波。

### 4 实验结果

在实验室的条件下,本研究采用日立 236 彩色电视机里面的高压帽模拟高压局部放电,通过改变驱动电路的电流来调节高压帽的放电强度,实验数据如图 6 所示。高压包是行输出变压器俗称,输出高压直流电,就是高压包的作用。因此使用高压帽来模拟放电现象具有普遍性。

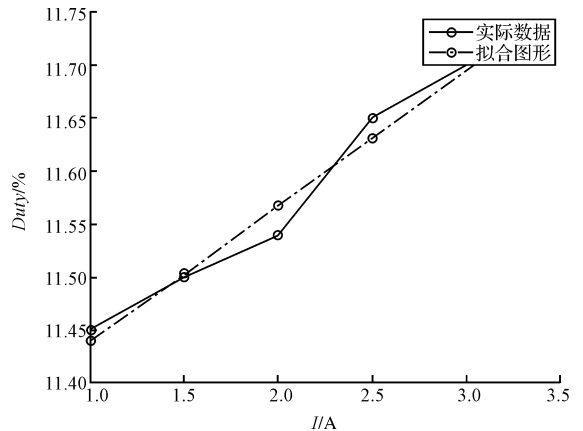


图 6 实验数据

通过检测计算,能够根据紫外信号频率找出对应放电强度之间的关系。

#### 4.1 测得值与放电强度的关系

经过实验发现其波形不是周期性的,因此本研究采用单位时间内高电平所占时间来表示测得的紫外光的强度,单位时间是 1 min,这里用  $\alpha$  来表示单位%。图 6 是在距离 5 m 得到的数据,从图 6 中可以看到实验数据的图形和拟合的图形不是完全重合,但是误差不是很大。可以看出在距离一定时仪器测得  $\alpha$  与  $I_e$  成正比,这个和理论上是一致的。从而可以通过测得的数据  $\alpha$  来判断放电的强度。

#### 4.2 测得值 $\alpha$ 与距离的关系

但是在实际应用中测量距离不可能都一样,因此需要把  $\alpha$  和距离  $r$  综合考虑。由式(2)得理论上在放电强度一定时,  $\alpha$  应与  $r^2$  成反比。但是实际实验数据如表 1 所示。从表 1 中可以看出在  $\alpha$  的值与距离的平方并不是完全的成反比,因此不能以此来判断设备的放电强度。本研究提出使用模糊理论<sup>[9]</sup>来解决这个问题。

表 1 放电电流为 3 A 时,距离  $r$  与  $\alpha$  的关系

距离/m	5	10	20	30	40
$\alpha$ /(%)	11.80	8.02	3.98	1.76	1.06

### 4.3 通过模糊理论对设备放电强度的判断

定义输入、输出模糊集:距离  $r$  的模糊子集[NO P],范围[10 m~30 m];仪器测得值  $\alpha$  的模糊子集[1 2~7 8 9],范围[1.65 8];输出放电等级  $H$  的模糊子集[NO P],取值[1 2 3]。距离  $r$ 、放电电流  $I_c$  和  $\alpha$  的关系如表 2 所示。

表 2 距离  $r$ 、放电电流  $I_c$  和  $\alpha$  的关系

$I_c/A$	1	2	3
$r/m$			
10	7.7	7.86	8.02
20	3.8	3.9	3.98
30	1.65	1.71	1.76

表 2 是在不同的距离下各个放电强度对应的  $\alpha$  值,本研究根据表 2 的实验数据,确定输入控量距离  $r$ 、测得值  $\alpha$  与输出控量放点强度  $H$  的模糊控制规则,模糊规则表如表 3 所示。

表 3 模糊规则表

$\alpha$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$r$									
N	N	N	N	N	N	N	N	O	P
O	N	N	N	N	O	P	P	P	P
P	N	O	P	P	P	P	P	P	P

通过 Matable 经行仿真,仿真结果如图 7 所示。从仿真图中的结果对比表 2 的数据可以看出,这个方法有效可行的。

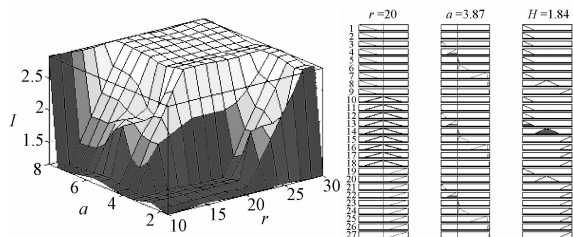


图 7 Matable 仿真结果

模拟紫外放电和紫外检测系统实物局部图如图 8 所示。

## 5 结束语

本研究通过研究了“日盲”区紫外检测原理,进行了紫外放电检测装置的硬、软件设计,并进行了放电模拟检测试验。在此基础之上,笔者采用模糊理论实现了对设备放电强度的判断。通过试验结果可知:

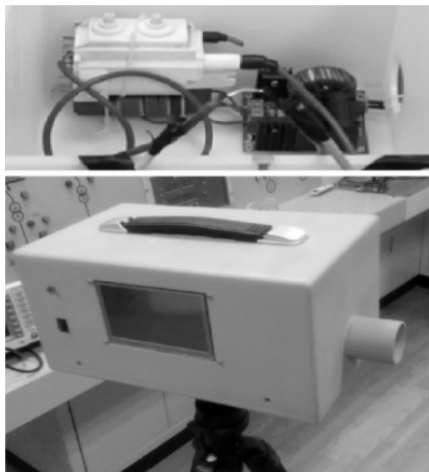


图 8 模拟紫外放电和紫外检测系统实物局部图

- (1)该仪器能够准确地日盲情况下检测不同强度的放电,通过模糊理论判断设备的放电强度的大小。
- (2)当被检测设备发生放电是,该仪器能够立即发送信号给上位机报警。可以起到实时监测的效果。
- (3)试验结果表明,该装置具有较高的灵敏度和良好的抗干扰能力。

局部放电紫外检测系统成本低,便于高压设备无线组网监控,在电气局部放电紫外检测设备中具有一定的推广意义。

### 参考文献(References):

- [1] 王平,许琴,王林泓,等. 电力设备局部放电信号的在线检测系统研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(24):190-191.
- [2] 甘景福,韩克勤,周燕飞. 超高频变压器局部放电在线监测系统在智能变电站的应用[J]. 电力科学与工程, 2012, 28(2):41-45.
- [3] 马立新,徐如钧,胡博,等. 单通道双谱紫外电晕放电检测方法[J]. 测控技, 2012, 31(3):32-35.
- [4] 马立新,陶博豪,徐如均,等. 放电故障紫外检测系统及其状态识别方[J]. 计算机测量与控制, 2012, 20(7):1803-1805.
- [5] 文军,何为,李春辉,等. 高压电力设备放电在线监测系统[J]. 电力自动化设备, 2010, 30(6):135-139.
- [6] 刘军,张洋,严汉字. 原子教你玩 STM32[M]. 北京:北京航空航天大学教育出版社, 2013.
- [7] 陈树学,刘萱. LabVIEW 宝典[M]. 北京:电子工业出版社, 2011.
- [8] 谈玲. 基于 ARM 的虚拟示波器的设计与研究[D]. 南京:南京信息工程大学信息与控制学院, 2006.
- [9] 胡宝清. 模糊理论基础[M]. 湖北:武汉大学出版社, 2010.

[编辑:张豪]

### 本文引用格式:

马立新,浦荣杰,张骏. 局部放电紫外检测模糊推理量化分析系统[J]. 机电工程, 2015, 32(1):137-140.

MA Li-xin, PU Rong-jie, ZHANG Jun. The system that calculating the intensity UV-absorption by fuzzy theory[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2015, 32(1):137-140.