

文章编号:1671-251X(2018)07-0066-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017120024

串联型故障电弧模拟实验装置研制

郭凤仪, 阮俊义, 邓勇, 王智勇, 王少磊, 李川, 王培龙

(辽宁工程技术大学 电气与控制工程学院, 辽宁 葫芦岛 125105)

摘要:针对目前故障电弧发生装置不能很好地模拟环境温湿度、触头分离状态的问题,研制了一种串联型故障电弧模拟实验装置。该装置可通过控制环境温湿度、触头移动距离或振动的频率和幅值等分离状态,模拟在不同工况下产生的串联型故障电弧,并对环境温湿度、电弧电压、电弧电流进行实时显示和存储。实验结果验证了该装置的有效性。

关键词:串联型故障电弧; 电弧模拟; 温湿度; 触头分离

中图分类号:TD608 文献标志码:A

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20180627.1438.002.html>

Development of series fault arc simulation experimental device

GUO Fengyi, RUAN Junyi, DENG Yong, WANG Zhiyong,
WANG Shaolei, LI Chuan, WANG Peilong

(Faculty of Electrical and Control Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

Abstract: In view of problem that current fault arc generator device could not simulate temperature and humidity of environment and contact separation state, a series fault arc simulation experimental device was developed. The device can simulate series fault arc under different working conditions by controlling temperature and humidity of environment, contact separation state such as movement distance and frequency and amplitude of vibration, and real-timely display and store temperature and humidity of environment, arc voltage and arc current. The experimental results verify effectiveness of the device.

Key words: series fault arc; arc simulation; temperature and humidity; contact separation

0 引言

供电线路中电气连接松动、绝缘碳化等均会导致故障电弧发生^[1-3],轻则引起线路短路,重则引发火灾。为了对故障电弧特性进行研究,需要模拟故障电弧^[4]。倪侃等^[5]将故障电弧特征信息记录在微控制器中,并通过电力电子器件取代实际电极,模拟产生串联型故障电弧电流信号;齐梓博等^[6]设计了一套交流故障电弧模拟实验装置,该装置在具备基本电弧模拟功能的基础上,增加了网络通信功能,同

时可有效控制产生的故障电弧个数;宁庆等^[7]设计了基于 LabVIEW 的故障电弧发生装置,该装置通过数据采集卡采集电弧电压和电流,结合电极位置信息闭环控制步进电动机的驱动信号,使电弧间隙满足要求,同时可精确产生预设个数的故障电弧,达到产生量化可控故障电弧的目的。但上述故障电弧发生装置不能很好地模拟不同环境温湿度、触头分离状态等实际工况下的故障电弧。本文研制了一种串联型故障电弧模拟实验装置,该装置在环境温湿度、触头分离状态可控的条件下产生故障电弧,同时

收稿日期:2017-12-11;修回日期:2018-06-18;责任编辑:盛男。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51277090)。

作者简介:郭凤仪(1964—),男,内蒙古赤峰人,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为电器基础理论与应用,E-mail:fyguo64@126.com。

引用格式:郭凤仪,阮俊义,邓勇,等.串联型故障电弧模拟实验装置研制[J].工矿自动化,2018,44(7):66-70.

GUO Fengyi, RUAN Junyi, DENG Yong, et al. Development of series fault arc simulation experimental device[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(7): 66-70.

可对环境温湿度、电弧电压、电弧电流等数据进行实时显示和存储,为故障电弧特性分析提供数据支持和依据。

1 装置组成

串联型故障电弧模拟实验装置组成如图 1 所示。通过控制板控制环境温湿度、触头移动或振动等分离状态来产生不同工况下的故障电弧。使用霍尔电压传感器和霍尔电流传感器分别对电弧电压和电弧电流进行采样,采集的数据通过数据采集卡送至上位机进行显示和处理。

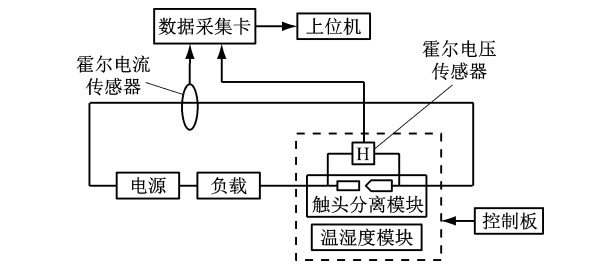


图 1 串联型故障电弧模拟实验装置组成
Fig.1 Composition of series fault arc simulation experimental device

2 硬件设计

温湿度模块和触头分离模块内置在相对密闭的盒体中,如图 2 所示。动静触头上端开有丝孔,触头采用顶丝固定安装,可根据实验要求更换不同直径和材料的触头。动触头由步进电动机带动分离,可通过控制步进电动机的运行状态来控制动触头的分离状态,包括触头移动距离、触头振动的频率和幅值。压力传感器测量触头间的接触压力,主要有 2 个作用:将接触压力为零时触头位置作为触头分离的起始点;当接触压力过大时,步进电动机停止向触头闭合方向运动,从而保护触头不会因接触压力过大而被破坏。利用加热丝与雾化器调节盒体内温湿度,通过盒体中分布的 3 个温湿度传感器检测盒体平均温湿度。加热丝驱动模块采用 LSA-

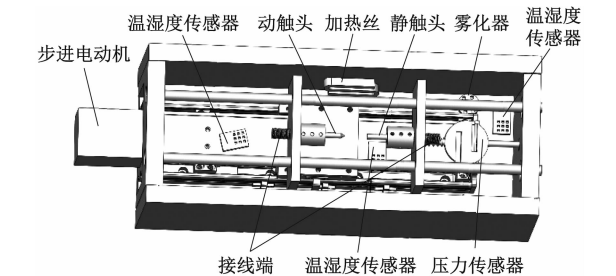


图 2 盒体内部结构
Fig.2 Internal structure of box

H3P40YB,温湿度控制元件参数见表 1。

表 1 温湿度控制元件参数	
Table 1 Parameters of temperature and humidity control component	
元件	参数
雾化器	电源:DC24 V
	功率:19 W
	雾化量:450 mL/h
加热丝	形状:U 型翅片
	电源:AC220 V
	功率:500 W
温湿度传感器	型号:HSTL-102
	电源:DC10~30 V
	温度:−40~120 ℃,精度±0.5 ℃
	相对湿度:0~100%,精度 1%
	输出:0~3.3 V

串联型故障电弧模拟实验装置主回路如图 3 所示。负载由多个电阻、电感通过双刀双掷开关投入和切出组合形成,通过 R_1 防止开关切换时同时短接而导致回路短路。装置预留外部负载接口,当需要接入外部负载时,将 K_2 断开,通过 SL 接通外部负载。通过 SW 切换选择交流或直流电源,选定负载后,先闭合 K_2 ,再闭合 K_1 ,调整控制板参数来设定环境温湿度、触头分离距离及振动的频率和幅值。环境温湿度、电弧电压及电弧电流等数据经调理模块后通过数据采集卡 USB3200 传输至上位机显示并存储。

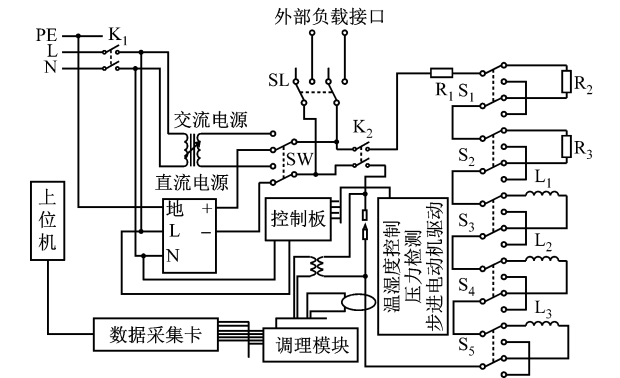


图 3 串联型故障电弧模拟实验装置主回路
Fig.3 Main circuit of series fault arc simulation experimental device

3 软件设计

3.1 上位机

采用 LabVIEW 软件开发上位机,用图像化界面代替文本代码创建应用程序^[8-9],主要实现波形显

示和存储。上位机界面如图 4 所示。可通过上位机设定采样通道、采样频率等,对实验过程中电弧电流、电弧压力、温度、湿度、接触压力等数据进行实时显示并存储。

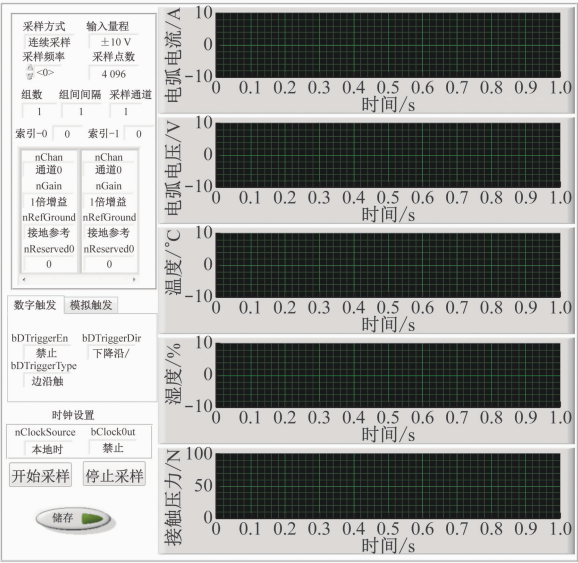


图 4 上位机界面

Fig. 4 Interface of upper computer

3.2 温湿度控制

由于温湿度控制具有很大的滞后性,采用模糊PID对温湿度进行闭环控制^[10-11],流程如图 5 所示。

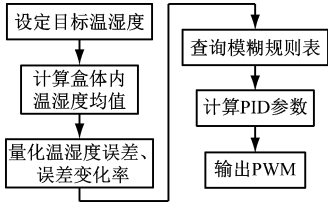


图 5 温湿度控制流程

Fig. 5 Temperature and humidity control flow

4 实验结果

搭建串联型故障电弧实验装置,实物如图 6 所示,其中通过控制箱改变负载来实现可变负载。设

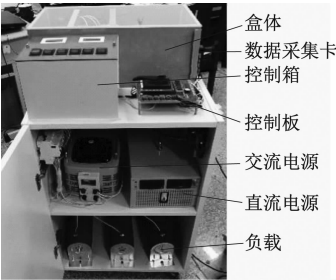


图 6 串联型故障电弧模拟实验装置实物

Fig. 6 Object of series fault arc simulation experimental device

置 $R_1=13\ \Omega, R_2=8\ \Omega, R_3=5\ \Omega, L_1=10\ \text{mH}, L_2=15\ \text{mH}, L_3=20\ \text{mH}$,交直流电源参数见表 2,盒体内环境及控制参数见表 3。

表 2 交直流电源参数

Table 2 AC/DC power supply parameters

电压/V	电流/A	功率因数
AC0~250	0~19.2	0.67~1
DC0~100	0~7.7	—

表 3 盒体内环境及控制参数

Table 3 Environment and control parameters of box

温度/℃	湿度/%	触头振动频率/Hz	触头直径/mm	步进精度/ μm
15~80	70~95	0~100	0~20	6.25

为验证装置性能,分别模拟触头移动、振动情况下产生故障电弧,实验条件见表 4、表 5。

表 4 触头移动产生故障电弧实验条件

Table 4 Experimental conditions of fault arc generated by contact movement

实验组别	电压/V	电阻/ Ω	电感/mH	温度/℃	湿度/%	触头开距/mm
1	AC110	13	0	15	70	0.062 5
2	AC110	13	0	45	70	0.062 5
3	AC110	13	15	15	70	0.062 5
4	AC110	13	0	15	95	0.062 5
5	AC110	13	0	15	70	0.125 0
6	DC50	13	0	15	70	0.062 5
7	DC50	13	0	15	70	0.125 0

表 5 触头振动产生故障电弧实验条件

Table 5 Experimental conditions of fault arc generated by contact vibration

实验组别	电压/V	电阻/ Ω	温度/℃	湿度/%	振幅/mm	频率/Hz
8	AC110	13	15	85	0.375	30
9	DC50	13	15	85	0.375	30

上位机设置采样频率为 40 kHz,将获得的电弧电压和电弧电流数据通过 Matlab 画出(为便于观察分析,将电弧电压缩小为原来的 1/3)。在触头移动和振动条件下产生故障电弧实验结果分别如图 7、图 8 所示。

从图 7(a)—图 7(e)可看出,实验 1—实验 5 产生的交流故障电弧电流在过零点处出现明显的“平肩”现象,且电弧电压呈马鞍状,符合实际交流故障

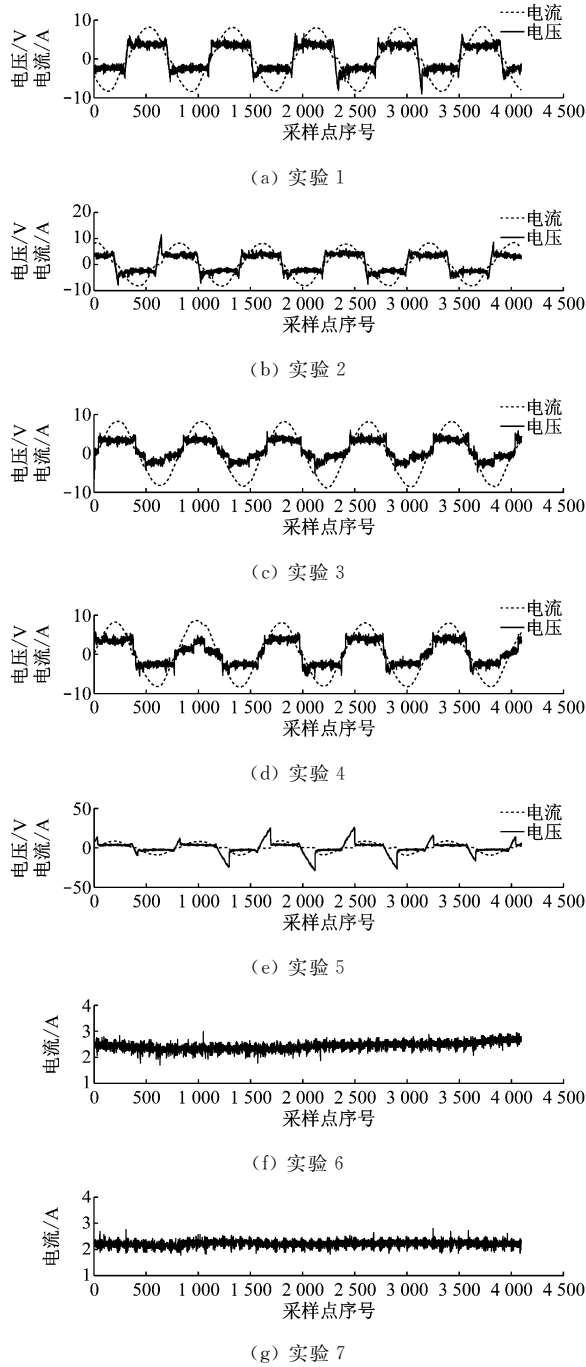


图7 触头移动产生故障电弧实验结果

Fig.7 Experimental results of fault arc generated by contact movement

电弧特征;实验5中触头开距增大时,电弧电压增大,电弧电流出现“平肩”时间增加,符合实际规律。从图7(f)、图7(g)可看出,实验6和实验7中电流信号含有高次谐波,整体呈不规则的波动,符合实际直流故障电弧特征。从图8可看出,电弧电压和电流波形呈现出较强的波动性,这与触头振动时电弧的等效电阻随电弧间隙变化有关,符合实际故障电弧特征。

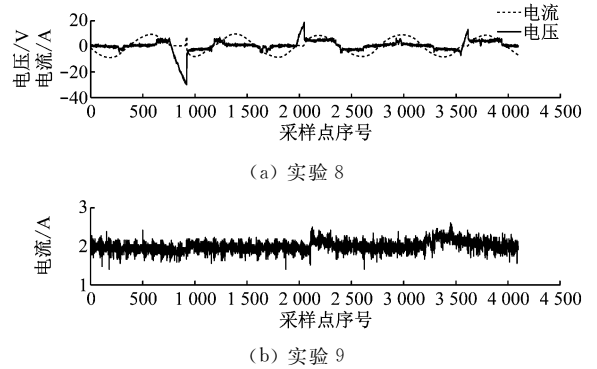


图8 触头振动产生故障电弧实验结果

Fig.8 Experimental results of fault arc generated by contact vibration

5 结语

串联型故障电弧模拟实验装置通过控制环境温度、湿度、触头分离状态,可在不同工况条件下真实模拟串联型故障电弧,具有良好的人机界面,为进一步进行串联型故障电弧的实验研究提供了良好条件。

参考文献(References):

[1] 张磊.故障电弧的识别及防护方法的研究[D].青岛:青岛理工大学,2015.

[2] 郭家稳.故障电弧模式识别方法的研究[D].沈阳:沈阳工业大学,2013.

[3] 郭凤仪,李坤,陈昌昱,等.基于小波近似熵的串联电弧故障识别方法[J].电工技术学报,2016,31(24):164-172.

GUO Fengyi, LI Kun, CHEN Changken, et al. Series arc fault identification method based on wavelet approximate entropy [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2016, 31(24): 164-172.

[4] 梁柱.故障电弧检测装置的研究与设计[D].长沙:湖南大学,2016.

[5] 倪侃,吴桂初,游颖敏.电子式故障电弧信号发生装置[J].自动化与仪表,2015,30(12):24-28.

NI Kan, WU Guichu, YOU Yingmin. Electronical arcing fault generator [J]. Automation and Instrumentation, 2015, 30(12): 24-28.

[6] 齐梓博,许开立,高伟.交流故障电弧模拟试验装置研制[J].电器与能效管理技术,2015(21):54-59.

QI Zibo, XU Kaili, GAO Wei. Development of electric arc fault simulation test device [J]. Low Voltage Apparatus, 2015(21): 54-59.

[7] 宁庆,张峰,张士文.基于LabVIEW的故障电弧发生装置研制[J].实验室研究与探索,2013,32(7):34-37.

NING Qing, ZHANG Feng, ZHANG Shiwen.

- Development of an arc fault generator based on LabVIEW [J]. Research and Exploration in Laboratory,2013,32(7):34-37.
- [8] 李菲,江世明. 基于 LabVIEW 的温度测量系统设计[J]. 现代电子技术,2014,37(6):114-116.
LI Fei, JIANG Shiming. Design of temperature detecting system based on LabVIEW [J]. Modern Electronics Technique,2014,37(6):114-116.
- [9] 张有清,杨文焕,王世杰,等. 基于 LabVIEW 串行通信的变频调速监控系统[J]. 电机与控制应用,2010,37(7):50-53.
ZHANG Youqing, YANG Wenhuan, WANG Shijie, et al. Serial communication for variable frequency speed regulation monitor system based on LabVIEW [J]. Electric Machines & Control Application,2010,37(7):50-53.
- [10] 黄斌,谢国进,梁武三,等. 基于混合型模糊 PID 的加热炉温度控制系统应用[J]. 电气传动,2018,48(2):43-46.
HUANG Bin, XIE Guojin, LIANG Wusan, et al. Application of reheating furnace temperature control system by hybrid fuzzy PID[J]. Electric Drive,2018,48(2):43-46.
- [11] 刘亚伟,薛鹏. 基于模糊自适应 PID 控制的温室大棚控制策略研究[J]. 科技与创新,2018(4):41-43.