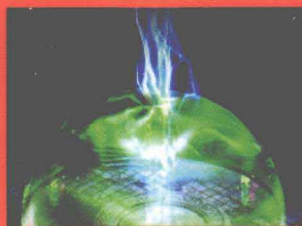


低压电器开关电弧 运动机理及仿真

刘教民 / 著



科学出版社

低压电器开关电弧运动 机理及仿真

刘教民 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以低压交流接触器电弧为主要研究对象,全书内容以低压电弧开关的物理特性为总线展开,介绍了相关研究的背景及研究成果,着重介绍了电弧图像采集系统的硬、软件系统的设计和实现,以及电弧的可视化仿真研究成果,并对电弧图像的处理做了介绍,此外还介绍了低压电器开关电弧的温度场重建、基于双面阵 CCD 电弧图像采集系统的三维电弧立体成像技术。

本书可作为高等学校电机与电器、电力、计算机等专业学生有关课程的教学参考书,还可供有关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

低压电器开关电弧运动机理及仿真/刘教民著. —北京:科学出版社, 2013

ISBN 978-7-03-035865-3

I. 低… II. 刘… III. 低压电器-开关-电弧-研究 IV. TM52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 253397 号

责任编辑:姚庆爽 余 丁 / 责任校对:朱光兰

责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2013 年 1 月第一次印刷 印张: 16 1/4

字数: 312 000

定价: 85.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

提起电机与电器,人们心目中往往只关注巨型发电机和高压开关,很少想到量大面广的各种低压开关,其实这些低压开关不仅对电力系统和工业装置的安全运行有着重要的作用,而且与我们的日常生活也是息息相关的。国内低压电器厂星罗棋布,其总产值实际超过了发电设备总产值,但因为低压电器单件体积小、单价低,所以不被人们重视,认为没有什么可以研究的,国内高校低压电器学科也人气不旺。

陆俭国教授一直在河北工业大学电器教研室(电器研究所)从事电器学科的教学科研工作,不仅取得了丰硕成果,而且带出了一支过硬的科研团队,培养了許多优秀的学生。刘教民教授就是其团队成员之一。这支团队不仅在理论与测试方法上取得了突破,而且设计研制了相应的测试设备,提高了产品的性能和质量水平,提高了国内市场占有率,而且打进了国际市场。

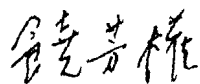
此外,电器研究所其他成员也在电器结构设计、触头材料、电器开关过程机理研究等方面深入钻研,以十年磨一剑的精神取得了令人瞩目的成果。《低压电器开关电弧运动机理及仿真》就是陆教授的高足刘教民教授总结在校从教二十余年,辛勤耕耘取得科研成果的一部力作。

众所周知,低压开关电器在开关负载电路时,在电器触头间产生的电弧对电器的触头、绝缘性能和可靠性具有危害,是影响开关电器寿命的主要因素。但由于开关电弧运动速度非常快,不适合直接观察分析,而且开关电弧燃烧运动过程中,不仅有温度场的变化,还有流场、电磁场等向量场的变化,所以对其研究有相当的难度。

刘教民教授在电弧模型理论研究、电器电磁机构的三维有限元分析、电器的计算机辅助设计及电弧动态特性研究等方面开展了大量工作,而且利用当代计算数学和电子科学技术的成果,采用了一些新的研究工具,使我们可以更清楚地认识电器触头在整个运动过程中的电、热、磁、机械现象,了解从燃弧到灭弧整个动态过程的细微变化,从而为改进低压电器设计,提高触头分断能力并延长其寿命找到途径。所以,可以说该书是一本反映跨学科研究成果、有益于工程实践的书。

河北工业大学是一所有悠久历史的大学,根据我多年和该校接触的经历,对

其紧密联系工程实际、扎实苦干的优良传统深有体会。欣闻刘教民教授已接掌河北省教育厅,我祝刘教授能把河北工业大学这种优良传统传播燕赵大地,发扬光大。



中国工程院院士

2012年9月18日

前 言

低压电器是一种能根据外界的信号和要求,手动或自动地接通或是断开电路以实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备,是低压供电系统的主要电器。随着电力事业以及现代工业自动化的发展,人们对低压电器的需求大幅增加,同时对低压电器产品的性能以及可靠性方面的要求也大幅提高。低压电器目前正朝着高性能、高可靠性、小型化、数模化、模块化、组合化和零部件通用化的方向发展。我国国民经济的飞速发展给低压电器产业带来了前所未有的机遇,要把握好这一机遇就必须自主创新,开发具有高性能、高可靠性的低压电器产品以适应国内外激烈的市场竞争的需要。

当用低压电器断开电流时,如果电路电压不低于 $10\sim 20\text{V}$,电流不小于 $80\sim 100\text{mA}$,电器的触头间便会产生电弧。电弧不仅会对低压电器的触头有很大的电蚀作用,而且会延长低压电器断开电路的时间。也就是说,要延长低压电器的使用寿命并提高其可靠性,必须深入研究低压电器电弧的物理特性。为此,本书着重介绍河北工业大学电器研究所刘教民教授所带领的研究小组的低压电器开关电弧物理特性的研究成果,并对国际上近年来低压电器领域的有关研究进行整理和总结。

本书的内容主要以低压电器开关电弧的物理特性为总线展开,全书共10章。第1章主要介绍相关的研究背景以及研究成果。第2章简要介绍低压电器开关电弧的理论基础。第3章着重介绍电弧图像采集系统的硬、软件系统的设计和实现。第4章对利用第3章所介绍的电弧图像采集系统采集到的电弧图像进行处理,从而使得到的电弧图像更易于分析计算。第5章对电弧图像采集系统进行标定,通过分析计算得到电弧在整个燃弧过程中其直径的变化规律。第6章着重介绍有关电弧的可视化仿真的相关研究成果。第7~9章介绍低压电器开关电弧的温度场重建。第10章介绍基于双面阵CCD电弧图像采集系统的三维电弧立体成像。虽然本书的内容以低压交流接触器电弧为主要的研究对象加以叙述,但是书中的内容作为低压电器开关电弧的理论基础也同样适用于其他低压电器。

在此期间,作者作为项目负责人主持完成了国家自然科学基金“低压电器开关电弧运动机理及仿真研究”(60675014)、“新型高帧频信号检测及电弧成像理论研究”(60272062),以及河北省自然科学基金“无位置传感器开关磁阻电动机仿真研究”(601043)、“基于计算机支持协同工作的异地制造系统研究”(600248)、“电机参数测试虚拟仪器的研究”(F2006000101)、“基于三层网络结构的新型智能断

路器的研究”(F2005000077)等项目。

在撰写本书过程中,参阅、摘引了国内外许多前人的著作和论文,在此谨致谢意。本书引用了作者指导的博士研究生李新福、王静红、赵杰、王震洲、赵燕、孙祎等的研究成果,王静红教授协助完成了纷繁的审读、校对、修改等工作,特在此表示感谢。

尽管做出了最大努力,但是书中难免还存在不妥之处,希望广大读者不吝赐教,在此深表谢意。

刘教民

2012年8月18日

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 低压电器开关电弧	1
1.1.1 低压电器	1
1.1.2 开关电弧	1
1.2 电弧图像采集综述	2
1.2.1 快速电影摄影机	2
1.2.2 二维光纤阵列电弧运动测试系统	3
1.2.3 CCD 数字图像采集系统	4
1.3 可视化仿真技术	5
1.4 温度测量方法	7
1.4.1 接触式测温方法	7
1.4.2 非接触式测温方法	8
1.5 计算机断层成像理论及算法	10
1.5.1 OCT 扫描测量方法	10
1.5.2 OCT 图像重建	11
1.6 电弧温度场研究进展	12
1.7 电弧模型研究进展	14
参考文献	19
第 2 章 低压电器开关电弧	25
2.1 交流接触器理论基础	25
2.1.1 交流接触器的结构和工作原理	25
2.1.2 交流接触器分类	25
2.2 电弧基础理论	26
2.2.1 气体放电及分类	27
2.2.2 等离子体	28
2.2.3 电弧的组成部分	29
2.2.4 电弧的分类	31
2.2.5 电弧的产生	31

2.3	电弧等离子体的物理特性	33
2.3.1	电弧的温度	34
2.3.2	电弧的直径	34
2.3.3	弧柱的伏安特性	35
2.3.4	电弧的能量过程	36
2.4	交流电弧	39
2.4.1	交流电弧等离子体的物理特性	39
2.4.2	交流电弧的熄灭和重燃理论	40
2.4.3	交流电弧的熄灭方法	43
2.5	电弧磁流体动力学模型	46
2.6	小结	50
	参考文献	50
第3章	电弧图像采集	52
3.1	概述	52
3.2	采集系统硬件结构	53
3.2.1	系统整体结构	53
3.2.2	系统同步控制	55
3.3	软件系统设计	58
3.3.1	系统设计原则	58
3.3.2	图像采集	59
3.3.3	图像传输、存储、播放技术	68
3.3.4	软件系统其他功能	71
3.4	软件系统实现	72
3.5	软件系统测试	74
3.6	小结	76
	参考文献	77
第4章	电弧图像处理	78
4.1	电弧图像特征分析	78
4.2	数字图像处理技术	82
4.3	电弧图像噪声	84
4.3.1	图像噪声的种类	84
4.3.2	本系统图像噪声的产生原因分析	85
4.3.3	重要图像噪声的概率密度函数	86
4.4	基于直方图的电弧图像增强	89
4.4.1	直方图图像增强算法	89

4.4.2	电弧图像增强	94
4.4.3	运动引起的图像模糊	99
4.5	基于小波变换的图像增强	101
4.5.1	小波变换	102
4.5.2	系数变换函数	103
4.6	局部图像增强	104
4.6.1	边缘检测的数学基础	105
4.6.2	触头边缘提取	107
4.6.3	模板匹配	116
4.6.4	电弧图像局部增强	118
4.7	支持向量机电弧边缘检测	119
4.7.1	支持向量机的基本理论	119
4.7.2	算法思想	120
4.7.3	实验比较支持向量机分类精度	120
4.7.4	基于支持向量机的图像边缘检测模型	122
4.8	小结	125
	参考文献	125
第 5 章	用高帧频 CCD 测试系统研究低压电器电弧运动	127
5.1	概述	127
5.2	中值滤波算法	128
5.2.1	中值滤波基本理论	128
5.2.2	自适应中值滤波算法	129
5.3	电弧图像锐化	131
5.3.1	图像旋转	131
5.3.2	拉普拉斯图像锐化	132
5.4	电弧图像采集系统的标定	134
5.4.1	坐标系的建立	134
5.4.2	参数获取	137
5.5	电弧运动分析	139
5.6	小结	141
	参考文献	141
第 6 章	可视化仿真	143
6.1	弧柱收缩理论	143
6.2	曲面拟合	145
6.3	电弧可视化仿真	147

6.3.1	仿真模型	147
6.3.2	仿真环境	147
6.3.3	仿真实例	153
6.4	仿真分析	155
6.5	小结	155
	参考文献	156
第7章	辐射测温理论	157
7.1	黑体辐射定律	157
7.1.1	普朗克定律	157
7.1.2	维恩位移定律	158
7.1.3	斯特藩—玻耳兹曼定律	159
7.1.4	关于有效波长	161
7.2	比色温度	162
7.3	比色测温法	164
7.4	小结	164
	参考文献	165
第8章	电弧的物理特性及投影温度场的重建	166
8.1	弧柱等离子体的辐射	166
8.1.1	弧柱等离子体辐射的特性和分类	166
8.1.2	弧柱等离子体的光谱辐射强度	167
8.2	成像光学系统的辐射度学原理	168
8.2.1	CCD系统光度量和辐射量的关系	168
8.2.2	CCD系统光辐射量的标定	169
8.3	成像系统的几何光学模型	171
8.4	低压电器电弧投影温度场的测量	173
8.4.1	投影温度的数学定义	173
8.4.2	双波长比色测温原理	175
8.4.3	灰度值与温度之间的关系	175
8.4.4	试验系统整体结构	177
8.4.5	试验结果及分析	180
8.5	小结	187
	参考文献	187
第9章	计算机断层成像及开关电弧截面温度场的重建	188
9.1	图像重建系统中的数学变换及变换法成像	191
9.1.1	Radon变换和X变换	191

9.1.2	图像重建中 Radon 变换的具体形式	192
9.1.3	非衍射源的重建算法	194
9.2	迭代重建算法	202
9.2.1	断层截面与投影的几何表示	202
9.2.2	代数重建法与联立迭代重建法	205
9.2.3	单目标优化为基础的成像理论	206
9.3	基本物理模型的建立	210
9.3.1	辐射传递方程的推导	210
9.3.2	测试系统模型的建立	212
9.4	测试系统的组成	213
9.5	改进的图像重建算法	215
9.5.1	约束最优化理论基础	215
9.5.2	约束最小二乘重建法	217
9.5.3	算法仿真与分析	218
9.6	电弧截面温度场和三维温度场的重建	220
9.6.1	系统软件功能设计	220
9.6.2	结果与分析	221
9.7	小结	223
	参考文献	223
第 10 章	基于双面阵 CCD 的电弧三维立体成像	226
10.1	双目立体视觉的理论基础	226
10.2	双面阵 CCD 图像采集系统的建立	229
10.3	图像匹配和电弧三维立体成像	230
10.3.1	相似度测量	230
10.3.2	图像匹配算法研究	232
10.3.3	遗传算法	233
10.3.4	模拟退火法算法	235
10.3.5	图像匹配的约束条件及匹配策略	237
10.3.6	自适应遗传退火立体匹配算法设计	239
10.3.7	自适应遗传退火立体匹配算法具体执行过程	240
10.4	实验结果分析	244
	参考文献	246

第 1 章 绪 论

1.1 低压电器开关电弧

1.1.1 低压电器

现代社会的发展日新月异,在社会生产、生活中,对能源的消耗越来越多,而在各种能源中又以电能的使用最为广泛。电能不但适合于大量生产、集中管理和自动控制,而且电能还有传输损耗小、可远距离输送的特点。世界各国都以电能的产量来表征国民经济的生产水平。凡是根据外界指定信号和要求,自动或手动接通和断开电路,断续或连续地改变电路参数从而实现对电路或非电对象切换、控制、保护、检测、变换和调节用的电气设备统称为电器。

电能的生产与传输均采用高电压,而对电能的使用却大多属于低电压的范畴。在交流电压至 1200V、直流电压至 1500V 的电路中起通断、控制、保护等作用的电器,称为低压电器。低压电器包括刀开关、转换开关、熔断器、断路器、控制器、接触器、启动器、控制继电器、主令电器、变阻器、调整器、电磁铁等。发电设备所发出电能的 80% 以上是通过低压电器分配使用的,每增加 1 万 kW 发电设备,需增加 4 万件左右的各类低压电器组件与之配套。

随着现代化建设的发展,电器作为一种自动化工具和手段,在现代工农业生产中发挥着越来越重要的作用。社会的进步、生产自动化程度的不断提高,对低压电器产品的数量有日益增长的要求,同时,对低压电器产品的性能、质量、品种等的要求也越来越高,因此有关这方面的研究也越来越多。

1.1.2 开关电弧

早在 1808 年,Davy 和 Ritter 就第一次在两个水平碳电极之间点燃了电弧并进行了观察。在自然对流的作用下,热气体向上运动。碳电极间的电弧在气流热动力和电磁力的磁吹作用下向上弯曲而成为拱形,根据其形态被命名为电的拱形物(Electric Arc),这就是电弧名称的由来。

开关电器是一类重要的低压电器,其基本功能是在短时间内对电路进行分合,也就是在具有一定电位的电路中进行导体与绝缘体的迅速变换。从原理上讲,具有开关功能的电路元件有半导体、超导、真空电子流等物理现象所构成的元

件和可分触头。目前,绝大多数低压开关设备都是机械式有触点的开关,这些机械式开关设备主要利用触头来分断电路中的电流。经过大量实验研究发现,在空气中开断电路时,只要电压在 $12\sim 20\text{V}$,被开断电流在 $0.25\sim 1\text{A}$,在电器的触头间隙中就会产生电弧^[1]。发生在开关电器中的电弧简称为开关电弧。

电极间隙中气体由绝缘状态变为导电状态,使电流得以通过的现象,称为气体放电(参见第2章)。电弧是气体放电的一种。由于电弧具有温度高和发强光的性质,它被广泛用于焊接、熔炼和作为强光源等领域。开关电弧与其他电弧虽然原理和物理过程基本相同,但由于产生条件和实际使用目的不同,又有其自身的特点和规律。

开关电弧在其存在的不同阶段,对电器的运行和操作特性具有不同的影响。由于电弧对电极存在瞬时而集中的热能输入,也存在斑点压力、电磁收缩力、洛伦兹力甚至等离子流冲击力等其他形式的力效应,因此,开关电弧的存在延迟了电路的开断时间。同时,开关电弧的高温作用可能会烧损触头,其表现为接触电阻增加,触头材料转移和侵蚀,电极间介电强度的降低,电弧重燃倾向的增加甚至会导致电器开关功能的丧失。因此,研究开关电弧的目的,主要是通过研究电弧的特性改进电器产品的设计,尽量减少电弧对电器产品的损害。

1.2 电弧图像采集综述

交流接触器开关电弧从实质上是低压等离子体的一种形式(参见第2章)。因此,研究低压交流接触器开关电弧最主要的内容就是对其宏观参数和微观参数的变化的测量。研究方法大致有两类:一类是间接法,也就是通过检测从电弧内部射出的物质(如电磁波)的状态推断出电弧的内部特征;另一类是主动法,也就是将各种探针深入电弧的内部,利用探针对电弧的内部特性进行研究。但是电弧在燃弧的瞬间所具有的高温很容易将探针熔化,同时探针的深入会不可避免地造成灭弧室内流场状态的改变,因而主动法的误差较大。借助电弧电压的波形变化等间接手段研究电弧的特性难以做到准确可靠,而利用对电弧图像的直接观测分析来研究电弧的特性则是一个十分有效的手段。因此,研究者倾向于利用先进的摄像技术对电弧图像进行采集,然后利用分析计算的手段达到研究电弧内部特性的目的。随着摄像技术的快速发展,电弧图像采集技术也飞速发展^[2~4]。下面介绍三种主要的电弧图像采集方法。

1.2.1 快速电影摄影机

利用电影摄影的方法^[5]人们有可能在底片上显示电弧的连续影像,但是限于当时的技术条件,普通的电影摄影速度不足以拍摄到只有几微秒的电弧图像。在

这种情况下,电弧的研究人员们设计出特殊的机器来拍摄电弧的图像,这种机器就是快速电影摄影机。利用快速电影摄影机能将两次摄影的时间间隔缩短到 $1\mu\text{s}$ 。下面简要描述快速电影摄影机的构成和工作原理。

快速电影摄影机由两个照相盒组成,每个照相盒中都盛放有胶卷盒,胶卷盒中装有普通的底片。每个照相盒用隔板分成12个相等的部分。镜头放置在照相盒的前壁,数目与照相盒中用隔板分成的部分数目相等,也就是有24个镜头,镜头前放一薄盘,薄盘由电动机带动而匀速转动。盘上有24个孔,孔分布在距盘中心距离不同的点上,并且孔与孔之间有相同的角度差。这样的设计使得在薄盘转动时镜头依次被打开且打开的时间间隔相等。当薄盘转动时,只有一个孔可以走过一个镜头,这样光线便可以从被摄物体照到镜头上。应用测速发电机可决定薄盘的转速,进而决定连续摄影的时间间隔。在这种条件下,整个电弧燃弧现象被分成24个相等的阶段并在连续的位置上被照下来。

快速电影摄影机有很多的优点,如价格便宜、携带轻便、速度高、维护简单等。用上述的快速电影摄影机进行电弧图像拍摄,可以在很短的时间间隔内采集大量的电弧图像信息并大大节约摄影材料的消耗。采用此种设备可以很好地拍摄到直流电弧的图像,但是研究交流电弧的现象时就不能再用上述的速度进行电弧的图像采集(要求摄影速度为每秒几十万甚至几百万次)。

1.2.2 二维光纤阵列电弧运动测试系统

目前主要应用两种方法记录和拍摄交流电弧在灭弧室中的运动情况,即电荷耦合元件(Charge-Coupled Device, CCD)数字图像采集系统和二维光纤高速测试系统^[6]。具有代表性的二维光纤电弧运动测试系统,主要的有西安交通大学电力设备电气绝缘国家重点实验室研制的带自聚焦透镜的二维光纤阵列电弧运动测试系统,该系统的主要构成图参见图1-1。

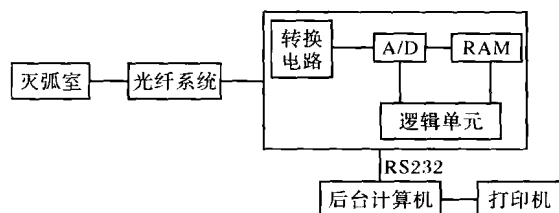


图 1-1 二维光纤阵列电弧运动测试系统构成图

西安交通大学研制的二维光纤电弧图像采集系统由探头、信号处理系统和后台计算机组成。光纤探头以二维阵列方式排列并被插入到待测的灭弧室中。与普通的光纤探头不同,西安交通大学的研究人员在每根光纤的顶端加装一个自聚

焦透镜。这样,利用带自聚焦透镜的光纤可以比用普通的光纤获得小得多的角度来观察发散角度。

二维光纤阵列电弧运动测试系统首先利用自聚焦光纤将测试点的光照强度传送到信号处理系统,然后信号处理系统利用转换电路将光照强度信号转换为相应的电压信号,经过 A/D 转换后,信号处理系统将相应的电压信号通过串行通信口送至后台处理计算机。后台计算机软件根据测试数据用八种不同亮度的颜色表示对应的光照强度。此外计算机软件系统还可以根据需要将测量区域内各点光照强度随时间变化的过程以可以调节的速度模拟显示出来,利用这样的办法就可以观察到在整个开断过程中电弧的运动形态。该系统带有四个模拟通道,其采样频率为 15.625kHz,A/D 转换的精度为 12 位。同时利用该二维光纤阵列电弧运动测试系统还可以采集到与整个拍摄过程同步的电弧相关物理量的波形。

实验时,所有的观察孔均选择在栅片之间的投影位置。观察孔的直径小于栅片的间距,并由低压电器外壳一直穿透低压电器灭弧室的侧板,这样就可以观察到灭弧室内部栅片之间的电弧运动情况。为了避免电弧燃弧瞬间的高温损坏设置在光纤前端的自适应聚焦透镜,西安交通大学的研究人员在光纤顶端的纤维透镜与低压电器侧壁之间安装了一层透明的有机玻璃板。电弧光由透明的有机玻璃板透出后再通过透镜聚焦进入光纤。

利用二维光纤阵列电弧运动测试系统可以采集到低压交流电器开关电弧的运动图像,测试时对低压电器的影响较小而且拍摄速度快(可达 10^6 帧/s)。二维光纤阵列电弧运动测试系统是将光照强度转换为不同亮度的颜色表示,其所得的图像是实际电弧的模拟图像。

1.2.3 CCD 数字图像采集系统

随着科技的发展,CCD 凭借其低廉的价格和快速的采集速度得到了广泛的应用。因此低压电器的研究者们也逐渐将先进的 CCD 技术应用到低压电器电弧的图像采集系统中^[7]。以 CCD 照相机为核心器件的 CCD 数字图像采集系统拍摄电弧图像的一般流程为:首先利用 CCD 照相机对低压电器的电弧运动图像进行采集,然后利用 A/D 转换电路将照相机输出的模拟图像信号转化为数字图像信息并将数字图像送入计算机的内存中,最后由计算机通过软件完成对电弧数字图像的各种计算和处理(图 1-2)。

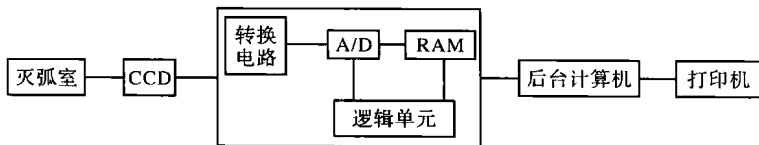


图 1-2 CCD 电弧运动测试系统构成图

利用 CCD 数字式高速照相机拍摄低压电器灭弧室内的电弧运动情况时需要在低压电器的外壳上开一个较大的观察窗,因此,会对低压电器的结构造成破坏,影响低压电器的开断性能,从而影响其所得结论的真实可靠性。因此,此种方法还需要进一步的改善。该电弧图像采集系统也具有很高的拍摄速度,一般为 10^4 帧/s。

上面介绍了电弧运动图像采集的三种方法,每种方法都存在着不足,有需要进一步改进的地方。我们的主要工作是对低压交流接触器开断电弧的运动形态以及电弧温度场进行分析,因此本书采用 CCD 数字图像采集系统对低压交流接触器开关电弧进行图像采集,同时针对 CCD 数字图像采集系统的缺点,对现有的 CCD 电弧图像采集系统进行了改进以达到研究目的。具体的有关电弧图像高速采集系统的介绍参见第 3 章。

1.3 可视化仿真技术

可视化是理解复杂现象和大规模数据的重要工具,因而在自然科学领域得到了广泛应用。自 1987 年可视化概念被提出以来就引起了国际上的高度重视,世界各国竞相研究有关可视化的理论、方法、开发工具以及运行环境,并将可视化的研究成果广泛地应用于气象预报、航天航空、医学图像处理等工程领域。可视化作为一种计算机技术,将数字符号转化为几何图形成图像,变不可见为可见,丰富了科学发现的途径,使众多学科领域科学家的研究发生了根本的改变。

可视化仿真是涉及计算机图像处理、图形处理、计算机辅助设计、计算机视觉及人机交互技术等多个学科的一项崭新的技术。在工程设计领域,可视化仿真或科学计算的可视化被定义为对科学计算或仿真计算所获得的资料进行可视化加工或三维图形和动画显示,并可通过交互的改变参数来观察计算结果的全貌及其变化。它可以大大加快数据处理速度,使庞大的资料得到有效的利用;能够把不能或不易观察到的工程现象变为使人们能发现并理解被设计和被研究对象所产生的物理机制,从而提出改进设计的具体措施;可以实现对计算过程的引导和控制,通过图形交互手段可方便快速地改变设计和计算的原始资料和条件,通过三维图形或动画来显示和观察改变原始资料对设计和研究对象基本特性的影响,达到优化设计的目的。

根据可视化数据的特征,可将可视划分为标量场的可视化和矢量场的可视化。标量场是指数据只有大小而无方向的数据场,比较常见的有密度场、温度场等。标量场的可视化主要是揭示各分类物质的空间分布,其绘制方法有颜色映射法、构造等值面和体绘制方法。

颜色映射法通过建立场数据与颜色的一一映射函数来构造它们之间的对应关系,可通过颜色值的变化清晰地表现场分布的变化。