

# 电梯控制柜检测与评价系统的研究

## Research on the Inspection and Evaluation System of Elevator Control Cabinet

杨俊明<sup>1</sup> 刘艳斌<sup>1</sup> 林 尧<sup>2</sup>

(福州大学测试中心<sup>1</sup>,福建 福州 350002;福建省特种设备检验院<sup>2</sup>,福建 福州 350003)

**摘要:** 电梯控制柜整体性能的好坏关系到电梯运行的安全性和可靠性。针对电梯控制柜整体性能的检测与评价,提出了控制柜检测和评价的新方法。通过建立综合评价指标体系,采用群组 AHP 法与模糊综合评价法相结合,构建了电梯控制柜综合评价模型;并以 LabVIEW 为软件开发平台,以 SQL Server 为数据库管理系统,通过仪器控制技术、动态链接库 DLL 和 ActiveX 技术,开发了一套电梯控制柜在线检测和综合评价系统,并通过实例验证了系统的实用性。

**关键词:** 电梯控制柜 群组 AHP 模糊综合评价 检测 评价体系 LabVIEW

**中图分类号:** TU85 **文献标志码:** A

**Abstract:** The integrated performance of the elevator control cabinet is related to the security and reliability of the operation of elevators. In accordance with the inspection and evaluation of the integrated performance of the control cabinet, the new method of inspection and evaluation is proposed. Through establishing comprehensive evaluation index architecture, and combining group AHP and fuzzy comprehensive evaluation method, the comprehensive evaluation model is structured. In addition, with LabVIEW as software developing platform and SQL Server as the database management system, an on-line inspection and comprehensive evaluation system is developed by adopting technologies of instrument control, DLL and ActiveX. The practical example verifies the practicality of the system.

**Keywords:** Elevator control cabinet Group AHP Fuzzy comprehensive evaluation Inspection Evaluation system LabVIEW

### 0 引言

随着电梯的广泛应用,电梯运行的可靠性、安全性和舒适性等性能越来越受到人们的关注。然而近年来,电梯事故造成人身伤害的相关报道经常见诸报端。电梯出现故障,轻则影响电梯的乘坐舒适性,重则危及乘客的生命安全。究其根源,出现故障的重要原因之一是电梯控制系统的安全性和可靠性未达到应有标准。

电梯控制柜是电梯运行的核心,也是事故发生的重要源头,其整体性能的好坏必将影响电梯运行性能。然而目前国内外对电梯控制柜整体性能的检测和评价尚不多见。因此,本文针对电梯控制柜整体性能的检测和评价,开发了一套控制柜性能的检测与评价系统,以便评定其综合品质性能。该系统的实现对提高电梯控制的安全性和可靠性具有一定的理论和现实意义<sup>[1-2]</sup>。

### 1 综合评价指标体系

结合电梯控制柜的性能特点,把与电梯控制柜品

质性能评估有关的各指标归类划分出清晰的结构,构建了控制柜的性能综合评价体系,如图 1 所示。

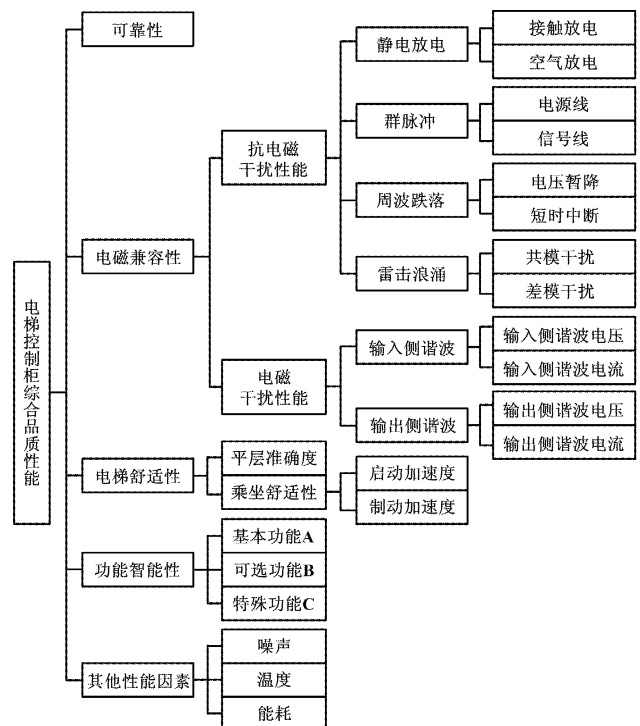


图 1 性能综合评价体系

Fig. 1 Comprehensive evaluation system of performance

国家质检总局科技计划资助项目(编号:2007QK167)。

修改稿收到日期:2010-03-17。

第一作者杨俊明,男,1984年生,现为福州大学机械制造及其自动化专业在读硕士研究生;主要从事先进制造技术方面的研究。

电梯控制柜的综合评价体系是由多个相互关联的评估因素构成的一个复杂决策系统,它能综合体现控制柜产品性能的好坏。随着控制技术的发展,控制柜中非线性电子元器件的大量引进使电磁环境愈发复杂,其电磁兼容性关系到电梯运行的安全性和稳定性。为了得到科学合理的指标体系,本文仔细研究了控制柜的电磁兼容问题,在可靠性指标的基础上,将控制柜的整体性能指标划分为可靠性、电磁兼容性、电梯舒适性和功能智能性等,以及噪声、发热量和节能性等其他性能指标<sup>[3]</sup>。

## 2 模糊综合评价数学模型

根据评价指标体系,构建电梯控制柜模糊综合评价模型的步骤如下。

① 建立评价因素集  $U = [u_1, u_2, \dots, u_n]$ 。根据控制柜的综合评价体系,确定一级评价因素为  $u_1$  (可靠性)、 $u_2$  (电磁兼容性)、 $u_3$  (电梯舒适性)、 $u_4$  (功能智能性)、 $u_5$  (其他性能因素);二级评价指标为图 1 中各指标的子因素。

② 应用群组 AHP (analytic hierarchy process) 法确定权重集  $A = [a_1, a_2, \dots, a_n]$ 。

为使指标权重更加客观、合理,通过邀请该领域的专家采用群组 AHP 法确定指标权重,按以下步骤计算:

第一,专家通过对指标的相互比较,构建评判矩阵,应用和积法求解每位专家的个体权重向量;

第二,依据两两专家个体权重向量的相似度,对专家进行聚类分析;

第三,分类完成后,根据每类中专家的个数,设置专家的类间权重;凭借每位专家判断矩阵的一致性程度,设置类内权重,最后,将类间权重和类内权重相乘得到专家权重;

第四,将专家权重和每位专家对应各指标的个体权重向量进行加权相乘,得出指标的权重集  $A = [a_1, a_2, \dots, a_n]$ 。

③ 建立评价集  $V = [v_1, v_2, \dots, v_n]$ 。控制柜性能评价等级确定为  $V = [很好, 较好, 一般, 差, 很差]$ ,共 5 个等级。

④ 确定隶属关系,建立评判矩阵。根据电梯控制柜的实际情况,建立一个因素集  $U$  到评价集  $V$  的模糊映射;并依据各项指标的国家标准限值以及经验参考值,确定各评价指标的模糊隶属函数。

单因素的隶属度构成一个模糊评判向量  $R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$ ,所有单因素的模糊评判向量构成多因素模糊评判矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

⑤ 模糊综合评判,把单因素模糊评判矩阵与权重集进行模糊运算,可得到模糊综合评判矩阵,即:

$$B = A * R = [a_1, a_2, \dots, a_n] * \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} = [b_1, b_2, \dots, b_m] \quad (2)$$

式中:“\*”为模糊合成算子。采用  $M(\cdot, +)$  模型,则  $b_j (j=1, 2, \dots, m)$  可由式(2)计算得到,即:

$$b_j = \sum_{i=1}^m a_i \cdot r_{ij} \quad j=1, 2, \dots, m \quad (3)$$

式中:  $\sum_{i=1}^m a_i = 1$ 。

通过式(3)得到综合评判矩阵后,根据最大隶属度原则,把与最大评判指标  $b_k = \max\{b_j\}$  相对应的评价集中的元素  $v_k$  取为评判结果,即:

$$U = \{v_k | v_k \rightarrow b_k\} \quad (4)$$

## 3 系统设计

在上述评价体系和模糊综合评价模型的基础上,为方便用户进行检测和评价,开发了一套电梯控制柜性能检测与评价系统,系统总体结构如图 2 所示。

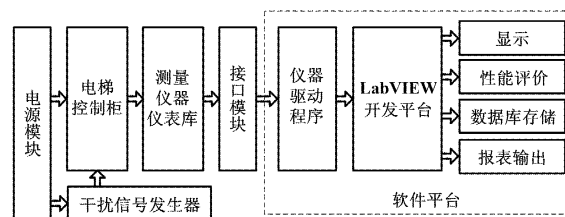


图 2 系统总体结构图

Fig. 2 Overall structure of the system

硬件配置主要包括计算机、干扰信号发生器、测量仪器仪表库和接口线路等。软件设计以 LabVIEW 为开发平台,将整套模糊综合评价模型融合成系统的一个功能模块,并采用 VISA 技术对测量仪器进行控制,实现自动测量以及试验数据的自动存储和自动评价。

### 3.1 硬件系统组成

硬件系统主要完成控制柜各项电参量信号的采集以及在抗干扰试验中提供干扰信号发生器。硬件系统主要包括数学功率分析仪 WT1600、智能型静电放电发

生器 ESD61002A、智能型脉冲群发生器 EFT61004B、智能型雷击浪涌发生器 SUG61005C、智能型周波跌落发生器 DRP61011B 和四台干扰信号发生器。计算机与仪器的接口采用 10BASE-T 双绞线以太网数据通信接口。硬件系统组成结构如图 3 所示。

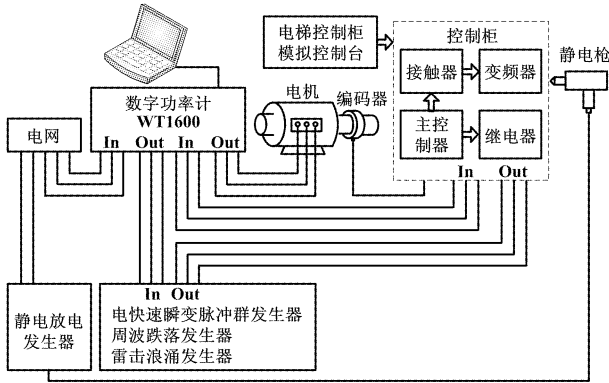


图 3 硬件系统组成结构

Fig. 3 Composition of the hardware system

### 3.2 软件系统设计

软件设计流程如图 4 所示。

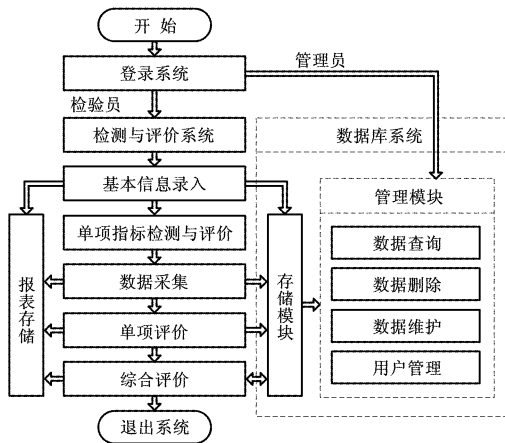


图 4 软件设计流程图

Fig. 4 Process of software system

软件系统由检测与评价系统和数据库管理系统两部分组成。检测与评价系统用于检验员进行电梯控制柜性能的检测,应用评价模型进行各项评价,并将检测、评价所得数据保存至数据库和报表中;数据库管理系统用于方便管理人员对数据库中历史数据和用户信息进行管理,维护数据库的安全运行,避免数据丢失。

软件系统采用模块化结构设计,主要包括信息输入、仪器控制、评价、数据库存储、报表生成以及实时显示模块。模块化设计有利于系统的集成和功能扩展,可针对不同的功能编写各功能子模块,每个子模块可以单独使用,也可供主程序调用,形成系统的主控制面板。

#### 3.2.1 仪器控制模块

本系统采用 C/S 模式建立仪器与计算机之间的通信,并通过 TCP/IP 协议,将仪器所采集到的数据通过局域网发送至计算机进行显示和处理,实现电梯控制柜电压、电流和谐波等电参数的自动测量。其程序设计流程如图 5 所示。

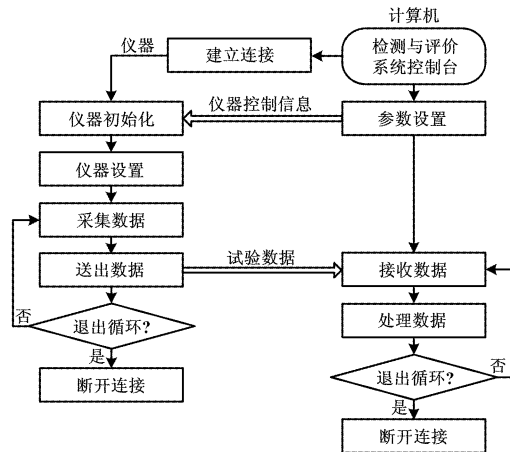


图 5 仪器控制程序设计流程图

Fig. 5 Flowchart of instrument control program

图 5 中,细箭头表示控制信号之间的流向,粗箭头表示计算机与仪器之间数据的传递关系。

#### 3.2.2 评价模块

由于评价模型涉及算法较多,本系统在 VC++6.0 的开发平台上,通过动态链接库,采用 C++ 语言开发评价函数库 EVA\_SYSTEM.dll,在 LabVIEW 程序中调用库函数中相应的评价函数对控制柜各个单项性能指标进行单项评价。当各个单项指标评价完成并生成模糊评判矩阵后,再调用综合评价函数对其进行综合评价,得出评价结论。

#### 3.2.3 数据库模块

数据库既可以保存数据信息,又可以将各单项数据信息提供给后续综合评价调用。为了使数据运作较为方便灵活,本系统选用 Microsoft SQL Server 作为后台数据库管理系统,并利用 LabVIEW 数据库访问工具包 LabSQL,实现数据库之间的互访。

#### 3.2.4 报表生成模块

在本设计中,要求在检测评价完成之后为每位用户提供一份综合检测和评价报表,报表中主要涉及检测数据和评价结果等信息,且报表格式要求较严格。本系统将整份报表设计成固定的模版,并存放到固定的文件路径中。在检测和评价的过程中,先按模版生成一份空的报表,然后将检测得到的数据依次输入到报表相应的位置中,并通过编程控制试验报表的输出。

(下转第 63 页)

标准误差,即重复步骤②和③,直至余下的测量值无坏值存在。剔除坏值后,传感器的温度数据为以下2组(单位:℃):

第一组:9.6,9.8,10.0,10.1,10.2,10.5,10.6;

第二组:9.6,9.7,9.8,10.1,10.2,10.2,10.3。

## 2.2 采用数据融合算法估值

剔除坏值以后,按照上述数据融合算法进行估值。首先计算样本的均值:

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 x_i = \frac{1}{7} \times (9.6 + 9.8 + 10.0 + 10.1 + 10.2 + 10.5 + 10.6) = 10.11$$

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{7} \sum_{j=1}^7 x_j = \frac{1}{7} \times (9.6 + 9.7 + 9.8 + 10.1 + 10.2 + 10.2 + 10.3) = 9.98$$

然后与标准温度10℃进行比较,传感器1的差值为 $10.11 - 10 = 0.11$ ,传感器2的差值为 $9.98 - 10 = -0.02$ ,则标准差分别为:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{1}{7-1} \sum_{i=1}^7 (x_{1i} - \bar{X}_1)^2} = 0.358$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{1}{7-1} \sum_{j=1}^7 (x_{2j} - \bar{X}_2)^2} = 0.279$$

最后采用融合算法得到的温度值为:

$$X_c = (\sigma_1^2 X_1 + \sigma_2^2 X_2) / (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) = 10.0657$$

此时误差为0.0657,与采用单一传感器的算术平均值相比,误差明显减少。

实例表明,运用最小方差的估值理论能很好地融合多传感器的观测值,大大提高了测量的准确度<sup>[8]</sup>。

## 3 结束语

本文采用估值理论将处于不同空间位置的各温度传感器的观测值进行权值融合处理,并通过最小方差的准则确定测得数据的综合信任程度评估参数,合理分配权重,实现了数据的融合。将这种融合算法应用于制冷产品的温度测控中,既可消除温度测量的干扰,同时也提高了测量的准确度,效果十分显著。

### 参考文献

- [1] 涂国平,叶素萍.一种传感器数据的融合算法[J].传感器技术,2003,22(3):30-32.
- [2] 顾斌峰,萧蕴诗,苏永清.基于数据融合的农业温室温度模糊PID控制方法的研究[J].系统仿真技术,2006,2(4):198-201.
- [3] 白云,谷宏洋,温乃宁.基于最小二乘法的数据融合技术应用[J].技术与创新管理,2008,29(2):200-201.
- [4] 焦竹青,熊伟丽,张林,等.基于接近度的多传感器数据融合方法研究[J].压电与声光,2009,31(5):771-774.
- [5] 邱卫宁,陶本藻,姚宜斌,等.测量数据处理理论与方法[M].武汉:武汉大学出版社,2008.
- [6] 张序.测量学[M].南京:东南大学出版社,2007.
- [7] 姜晨光.测量技术与方法[M].北京:化学工业出版社,2009.
- [8] 孙云霞,吕国义.提高温度传感器测试准确性的方法[J].计测技术,2009,29(3):27-28.

(上接第60页)

## 4 实例应用

将所设计的检测与评价系统应用于电梯控制柜进行测试与评价。以谐波为例,系统能自动采集控制柜谐波电压和谐波电流,将试验数据自动传输至计算机进行显示,并调用谐波评价模块,根据标准GB/T 17625.1和GB/T 14549,对输出侧三相电压电流谐波进行评价;系统还将1~25次谐波的各次谐波幅值和含有率自动保存至数据库和报表中,以提高试验效率。从检测数据和评价结果可知,该控制柜虽然输出侧谐波电流畸变率较低,但谐波电压含量偏高,应在该方面加以改进。

## 5 结束语

本文研发了一套基于虚拟仪器的电梯控制柜检测与评价系统,实现了电梯控制柜电压、电流及谐波等电参数的自动测量;并应用模糊综合评价方法,对控制柜

的性能进行了自动分析和评估,提高了测试效率及其评价的合理性。系统具有人机交互界面友好、操作简单、稳定可靠和易于维护等特点,为电梯控制柜性能检测和评价提供了一种有效的新方法。

### 参考文献

- [1] 李立京.电梯综合测试系统与故障诊断技术的研究[D].天津:天津大学,2002.
- [2] 周辉,罗飞,罗范谊,等.电梯控制柜型式试验控制系统的设计[J].机电工程技术,2008,37(7):85-88.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.GB/T 10058-1997电梯技术条件[S].北京:中国标准出版社,1997.
- [4] 秦寿康.综合评价原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2003:23-25.
- [5] 杨乐平,李海涛,杨磊,等. LabVIEW 程序设计与应用[M].北京:电子工业出版社,2005:35-55.
- [6] 郭威.基于Internet的电梯控制系统远程故障诊断研究[D].武汉:武汉理工大学,2006.
- [7] 田翔,李志梅.电梯控制柜自动检测系统的设计和实现[J].机电工程技术,2005,34(12):46-48.