

Design and Research on an Acousto-Optic Alarm Device for Motor High-Temperature Monitoring

Fabo Lu

Inner Mongolia Hengfeng Group Silver Grain Noodle Co., Ltd., BaYanNaoEr, Inner Mongolia, 015000, China

Abstract

In the production process of modern large-scale factories, motors, as the primary power output equipment, undertake heavy tasks. During operation, abnormal conditions such as phase loss, overload, jamming, and bearing damage will first lead to high-temperature issues. If inspectors fail to detect these problems in a timely manner, it may result in minor consequences such as tripping and production interruption, or severe outcomes like motor burnout and certain economic losses. To address this problem, a high-temperature alarm device is specially designed and researched to achieve the goals of early warning and timely handling.

Keywords

Low cost; electric machinery; High temperature monitoring; audible and visual alarm

一种低成本电机高温监测声光报警装置设计研究

卢法波

内蒙古恒丰集团银粮面业有限责任公司, 中国·内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘要

在现代工厂生产过程中, 电机作为主要的动力输出设备任务繁重, 若电机在运行过程中出现缺相、过载、堵转、轴承损坏等异常情况, 首先会出现高温问题, 若巡查人员不能及时发现, 轻则跳闸, 生产中断; 重则电机烧毁, 造成一定的经济损失, 为解决这一问题, 特研究设计一款低成本适用于中小型企业的电机高温报警装置, 起到提前预警, 及时处理的目的。

关键词

低成本; 电机; 高温监测; 声光报警

1 引言

1.1 研究背景

在中小型制造企业的生产体系中, 电机作为核心动力设备, 其运行状态直接关系到生产线的连续性与生产安全。由于设备老化、负载波动、散热不良、机械卡滞及轴承磨损等因素影响, 电机在长期运行过程中极易出现温度异常升高现象, 若未能及时发现并处理, 将直接导致绕组绝缘损坏、电机烧毁、生产线停机, 甚至引发电气火灾等安全事故。大量工业故障数据表明, 电机过热是造成电机损坏的最主要原因之一, 超过 60% 的电机故障与温度异常直接相关。对于利润空间有限、抗风险能力较弱的中小企业而言, 电机突然损坏不仅会造成设备维修成本增加, 还会导致生产线停机、订单延误, 带来难以估量的间接经济损失。

目前, 中小型工厂对电机的监测方式仍以人工巡检、经验判断、事后维修为主, 缺乏实时在线监测手段。巡检人

员依靠触摸机壳、观察运行状态、聆听异响等方式判断电机是否过热, 主观性强、误差大、存在安全隐患, 且无法实现 24 小时不间断监控。与此同时, 市场上主流的电机智能监测系统多面向大型企业设计, 具备数据上传、远程监控、故障诊断、云端分析等复杂功能, 但价格普遍较高, 对安装环境、供电条件、运维能力均有严格要求, 并不适合中小型工厂的实际需求。

因此, 研发一款结构简单、成本低廉、安装方便、稳定可靠的电机高温声光报警装置, 成为解决中小型工厂电机安全运行问题的迫切需要。本研究立足于低成本、简易化、实用性原则, 设计一款专门面向中小型工厂的电机温度监测装置, 在满足基本安全预警的前提下, 最大限度降低使用门槛, 为中小企业提供经济可行的电机保护方案。

针对上述痛点, 本文设计并研究一种面向中小型工厂的低成本电机高温监测声光报警装置。装置以热敏继电器模块为控制核心, 搭配 24V 电源模块、温度传感器、LED 与蜂鸣器声光报警单元, 通过温度传感器完成电机表面温度的实时采集, 当高于设置的温度时, 继电器吸合, 发出声光报

【作者简介】卢法波 (1985-), 男, 中国山东济南人, 本科, 高级工程师, 从事电机拖动、电气自动化控制研究。

警信号。[1] 装置整体结构简化、元器件经济可靠、无需复杂布线、支持磁吸式快速安装,可在不改造电机本体的前提下实现实时监测与超温自动报警。

经实际测试,本装置温度测量误差 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$,报警响应时间小于0.5s,具备稳定可靠、操作简单、环境适应性强等特点,能够满足中小型工厂电机温度监测需求,对降低电机故障发生率、减少经济损失、提升生产安全性具有重要的现实意义与推广价值。

1.2 研究目的与意义

1.2.1 研究目的

本研究旨在完成以下目标:

- (1) 设计一套结构简单、易于制作、维护方便的电机温度监测与声光报警硬件系统;
- (2) 选用低成本、高可靠性元器件,将整套装置成本控制在100元以内;
- (3) 实现电机表面温度实时监测、超温自动声光报警功能;
- (4) 支持快速安装、无需布线、无需专业调试,适合普通工人操作;
- (5) 适应工厂多粉尘、振动较大的环境,具备长期稳定运行能力。

1.2.2 研究意义

理论意义: 本研究丰富了中小型工业设备低成本监测领域的设计方案,为简易型智能监测装置的开发提供了参考思路。通过对热敏电阻继电器模块、温度传感器、LED声光报警系统的整合,探索了适合低端工业场景的温度监测技术路线,为同类低成本监测装置的设计提供了可借鉴的框架。

实际意义: 装置能够实现电机超温提前预警,有效减少电机烧毁事故,降低企业维修成本与停机损失;安装无需打孔、无需接线、无需改造电机,大幅降低使用难度;整体造价低廉,可批量部署,适合中小型工厂全面推广;操作简单直观,无需专业技术人员即可使用,真正解决中小企业“用不起、装不上、不会用”的监测难题。

1.3 国内外研究现状

国外在电机监测领域起步较早,技术相对成熟,已形成集温度、振动、电流、绝缘监测于一体的综合在线监测系统,如西门子、ABB、施耐德等企业均推出高端电机保护装置,具备高精度、高稳定性、智能化等特点。但此类设备价格昂贵、功能冗余、部署复杂,主要应用于大型电厂、石化、冶金等高端领域,并不适用于中小型工厂。

国内近年来对电机监测技术研究不断增多,部分高校与企业推出了基于单片机、嵌入式系统、无线传感的温度监测装置。部分方案采用红外测温、热电偶、热电阻等方式实现监测,但多数装置仍存在成本偏高、电路复杂、安装不便等问题,真正面向中小企业、极致简化结构、控制百元成本的成熟产品较少。

总体来看,简易化、低成本、高可靠、易安装的电机超温报警装置在市场上仍存在明显缺口,本研究正是针对这一空白展开设计与实现。

1.4 研究内容与技术路线

1.4.1 研究内容

- (1) 分析中小型工厂电机运行特点与监测需求,确定装置设计指标;
- (2) 完成总体方案设计,确定系统架构与工作流程;
- (3) 完成硬件模块选型与设计,包括热敏电阻继电器模块、温度采集模块、声光报警模块、电源模块等。
- (4) 阐述系统工作原理,重点说明控制逻辑与各模块协同工作方式;
- (5) 对装置精度、响应速度、稳定性、实用性进行测试;
- (6) 总结装置优势,分析应用前景并提出改进方向。

1.4.2 技术路线

需求分析 → 方案设计 → 元器件选型 → 硬件电路设计 → 系统组装与调试 → 性能测试 → 结果分析 → 总结与展望

2 装置总体方案设计

2.1 设计指标

根据中小型工厂低压电机实际运行环境,本装置确定以下技术指标:

- (1) 温度监测范围: $-20^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$;
- (2) 测量精度: $\leq \pm 1^\circ\text{C}$;
- (3) 报警响应时间: $< 0.5\text{s}$;
- (4) 报警方式: 红色LED闪烁 + 高分贝蜂鸣器鸣叫;
- (5) 供电方式: DC24 供电;
- (6) 安装方式: 磁吸式固定;
- (7) 工作环境温度: $-10^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$;
- (8) 整机成本: ≤ 100 元。

2.2 系统总体结构

本装置采用模块化设计思想,整体由四大功能模块组成:

温度采集模块: 负责采集电机机壳表面温度 [2];

核心控制模块: 以热敏电阻继电器模块为核心,完成数据处理、逻辑判断与输出控制;

声光报警模块: 超温时发出红色灯光与声音提示;

电源模块: 为整个系统提供稳定供电。

装置工作流程如下:

温度传感器实时采集电机表面温度 → 读取温度数据传至热敏电阻继电器模块并进行处理 → 将实际温度与预设阈值比较 → 温度正常时无显示 → 温度超限时立即启动声光报警装置 → 提醒操作人员检查电机运行情况解除报警。

3 硬件电路设计

3.1 核心控制模块

本装置选用的热敏电阻继电器模块,具有价格低廉、

抗干扰能力强、运行稳定、开发简便等优势，完全满足本装置的控制需求。

3.1.1 工作原理

在运行过程中，温度传感器实时发送获取的温度信号，热敏电阻继电器模块将实时温度与内部预设的报警温度阈值进行比较判断：

- 若温度低于阈值，判定电机运行正常，声光报警模块保持关闭；

- 若温度达到或超过阈值，判定电机出现超温故障，热敏电阻继电器模块立即输出控制信号，驱动 LED 灯不断闪烁，并控制蜂鸣器持续鸣叫，实现声光同步报警。[3] 整个过程自动执行，无需人工干预，实现对电机温度 24 小时不间断监测与保护。

3.2 温度采集模块

温度采集模块选用温度传感器。该传感器只需一根信号线即可控制模块完成数据传输，外围电路极其简单，无需放大、滤波、AD 转换等复杂电路，有效降低成本与体积。可直接贴附于电机机壳散热槽内，通过磁吸底座固定，安装方便且不损伤设备。传感器将采集到的温度直接发送给控制模块，避免信号传输带来的干扰，提高系统稳定性。

3.3 声光报警模块

声光报警模块由高亮红色 LED 指示灯与蜂鸣器组成。

当电机温度正常时，LED 与蜂鸣器均不工作；当某台电机温度超过设定阈值时，热敏继电器吸合，使 LED 指示灯与蜂鸣器通电发光、发声。通过对应电机的编号声光报警器，快速提醒工作人员处理异常。

3.4 电源模块

为提高装置的安全性，本设计采用 DC24V 安全电源供电模式：为热敏继电器模块、声光报警装置单独布设电源线，不与电机共用电源线，减少引发电机故障的风险。

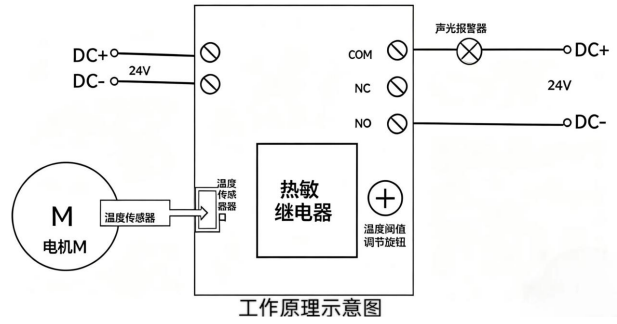
4 装置工作原理与系统流程

4.1 整体工作流程

- (1) 电源启动，热敏电阻继电器模块得电指示灯亮；
- (2) 温度传感器监测电机运行温度；
- (3) 检测的温度数据传输至热敏电阻继电器模块；
- (4) 判断温度是否超过阈值；
- (5) 正常则返回继续采集；超温则启动声光报警；
- (6) 温度恢复后自动停止报警，继续监测。

4.2 阈值判断逻辑

为避免误报，装置采用固定阈值比较逻辑，默认阈值设为 85℃，适用于绝大多数中小型低压电机。用户也可通过热敏电阻继电器模块上的温度阈值调节旋钮在 70℃ ~ 95℃ 范围内自行调整，满足不同电机的保护需求。



4.3 环境适应性设计

装置在硬件上采用简洁电路，减少敏感元器件，提高抗干扰能力；结构上采用磁吸式安装，适应电机振动 [4]；传感器外部增加简单保护壳，防止粉尘与油污影响，整体具备较强的工业环境适应能力。

5 装置测试与结果分析

5.1 测试环境

为验证装置实际性能，本研究选取中小型机械加工厂内风机电机、水泵电机、输送电机各一台进行现场测试，测试环境包含普通车间粉尘、设备振动、连续运行等真实工况。

5.2 测试项目

5.2.1 测温精度测试

将装置温度值与高精度手持红外测温仪进行对比，记录不同负载下的温度数据。[5] 结果显示，装置测量误差在 0.3℃ ~ 0.9℃ 之间，平均误差约 0.6℃，满足 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ 的设计要求。

5.2.2 报警响应测试

通过加热模拟电机超温状态，记录温度达到阈值至报警触发的时间。测试结果显示，装置平均响应时间约 0.3 秒，最快响应小于 0.2 秒，反应迅速，能够及时提醒异常。

5.2.3 安装与稳定性测试

磁吸底座吸附牢固，在电机连续运行振动状态下无松动、无脱落；装置连续运行 72 小时，温度显示稳定，报警功能正常，无死机、误报、漏报现象。

5.2.4 成本核算

整套装置包含热敏电阻继电器模块、温度传感器、蜂鸣器、LED、电源接口、磁吸底座及所有元器件，总成本约 80 元，远低于 100 元目标，具备显著成本优势。

5.3 测试结论

综合测试表明，本装置测温准确、报警及时、运行稳定、安装便捷、成本极低，完全满足中小型工厂电机监测需求，具备实际推广价值。

6 结论与展望

6.1 结论

本文设计的面向中小型工厂的低成本电机简易声光报警装置，以热敏电阻继电器模块为控制核心，结合温度传感

器实现了电机温度实时监测与超温声光报警功能。装置通过极简硬件结构设计与经济型元器件选型,实现了低成本、高可靠性、易安装、易操作的设计目标。

该装置有效解决了中小型工厂电机监测手段落后、高端设备成本过高、人工巡检效率低下等痛点,能够显著降低电机过热故障发生率,减少设备损坏与停机损失,对提升企业生产安全性与经济效益具有重要作用。装置整体结构简单、制作方便、维护容易,适合大批量生产与广泛推广,是一款真正贴合中小型企业需求的实用型监测装置。

6.2 展望

未来可在保持低成本的基础上对装置进行优化:

- (1) 增加低电量提醒功能,提升电池供电使用体验;
- (2) 增加阈值掉电保存功能,无需每次上电重新设置;

(3) 可扩展简易无线提示功能,实现远距离报警;

(4) 进一步优化结构,提高防水、防尘能力,适应更恶劣环境。

参考文献

- [1] 王兆义. 电机故障诊断与监测技术. 北京: 机械工业出版社, 2020.
- [2] 陈小明. 中小型企业电机安全运行现状分析及对策. 机电技术, 2021.
- [3] 张雪涛. 低成本工业温度监测装置设计. 电子制作, 2023.
- [4] 刘军. 简易型智能报警装置设计与实现. 电子技术与软件工程, 2023.
- [5] 刘佳. 基于DS18B20的电机温度保护系统研究. 工业控制计算机, 2022.