

的电磁场强度, 确定线路位置. 通常, 霍尔元件的输出电压与半导体材料的磁场强度成正比, 但由于输出电压很小, 所以一般霍尔电磁器件内置差分放大器. 因此, MCU 通过检测传感器经放大后的输出电压就可以计算出被测导线的磁场强度. 一般墙体导线距离墙面较远, 因此还需调节霍尔电磁传感器的灵敏度.

3.4 网络通信程序设计

本系统采用 UDP 协议实现设备和上位机间的数据交互, 包括设备将温度数据、可见光图像数据、电磁场强度数据传输至用户终端以及用户终端对设备发

送的控制指令. 本系统通过 W5500 模块实现设备与上位机间的 UDP 通信, 程序采用轮询 UDP 端口的 Sn_IR 寄存器方式检测是否收到上位机的发送命令请求, 如果接收到请求命令时, 首先判断是否接收到了完整的一帧可见光图像、温度数据和当前区域的电磁场强度. 当数据全部采集完毕后, MCU 将数据包从数据接收缓冲区通过 SPI 总线发送到 W5500 模块的 UDP 发送缓冲区等待发送, 一旦接收到发送指令后, 便将温度数据、可见光图像数据和电磁场强度数据发送到用户终端. 系统程序流程图如图 2 所示.

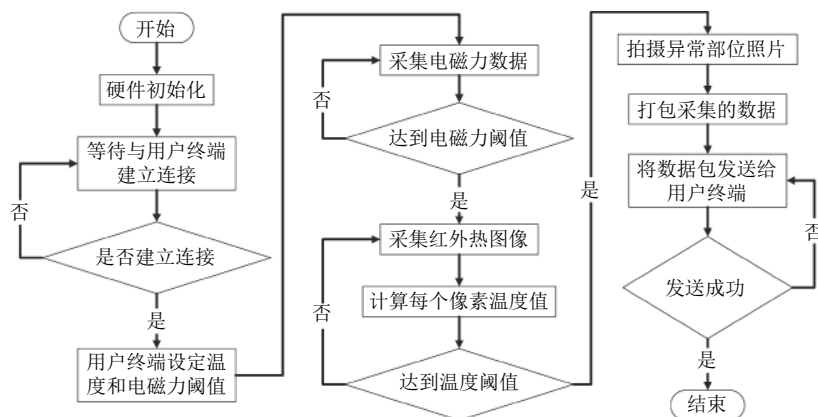


图 2 系统程序流程图

4 系统验证与分析

4.1 霍尔电磁传感器测试

为了检测本系统霍尔电磁传感器检测电磁场强度的准确性, 将设备放入通电载流直螺线管中心位置, 霍尔传感器输入电压两端接 5 V 直流电源, 调节补偿电路中的可调电阻, 使霍尔传感器补偿电路的输出电压为 0 V. 将螺线管两端通过可调电阻与 5 V 直流电源相连, 逐渐增大线圈的励磁电流, 并使用电流表测量线圈的励磁电流 I_M , 使用电压表测量霍尔传感器的输出电压 U , 同时计算磁感应强度 B , 得到实验数据见表 1.

表 1 霍尔传感器实验数据

I_M (mA)	U (mV)	B (H)
0	0	0
20.1	25.9	0.2179
39.9	62.5	0.4400
60.2	98.3	0.6568
80.0	136.3	0.8799
99.5	173.4	1.1101
120.2	210.1	1.3205
139.7	246.5	1.5578
160.1	282.7	1.7746
179.8	357.6	2.2015

使用 Matlab 软件进行数据拟合后, 如图 3 所示: 霍尔传感器的输出电压基本上与传感器所处位置的磁感应强度线性相关, 该传感器工作正常.

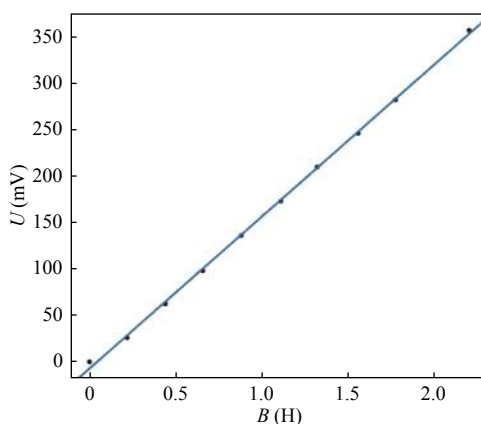
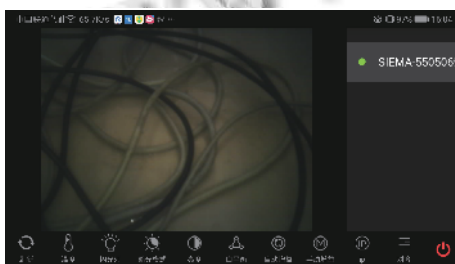


图 3 霍尔传感器输出电压与磁感应强度对应关系

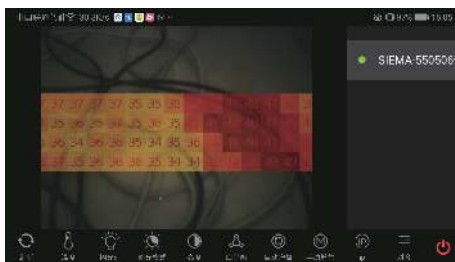
综合以上实验数据可知, 本系统霍尔电磁传感器工作正常, 可用于检测墙体内部线缆的电磁场强度, 确定线缆位置.

4.2 红外传感器和可见光传感器融合

为了验证本系统红外传感器和可见光传感器能否正常工作,使用本设备监测室内输电线路的老化情况,并通过手机APP和PC客户端实时呈现待测线缆的可见光图像和温度数据,图4为手机APP的屏幕截图,图5为PC客户端截图。其中图4(a)和图5(a)为待测线缆的可见光图像,图4(b)和图5(b)为可见光与温度融合后的图像,可实时显示监测区域内每个像素点的温度数值。由图4和图5可知,通过可见光传感器拍摄的线缆未发现异常,但是通过红外传感器采集的温度数据发现右侧黑色线缆区域温度较高,在 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,可能线缆绝缘层发生了老化,需要及时更换线缆。通过以上实验可知,本系统红外传感器和可见光传感器均工作正常,可实时监控待测线缆的温度情况,满足室内输电线路实时视频监控和热老化监测的需要。



(a) 可见光图像



(b) 可见光与温度融合图像

图4 手机APP屏幕截图

4.3 实验结果对比

使用不同线路老化检测方法对多种材质的电缆进行线路热老化检测速度和准确率的测试,测试结果如表2所示。

可以看出本文提出的线路老化检测方法,相比其他3种线路老化检测方法,检测速度和准确率较高,而且本装置无需手动操作,可检测墙体内部导线的老化情况,通过客户端程序实时监控线缆温度,相比其他检测方法更加直观和便捷。本系统可以预警线路老化隐

患,不仅不会破坏导线,实际线路还能再利用,可以更好地节约成本。

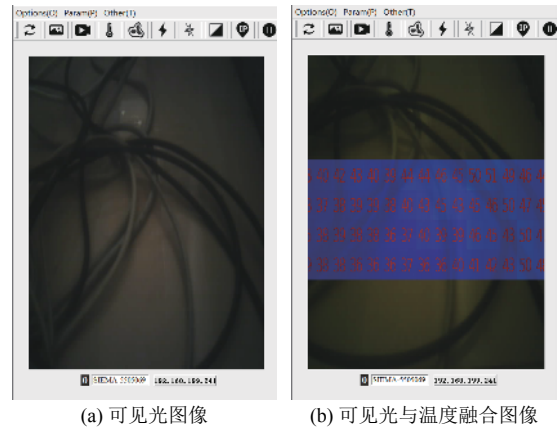


图5 PC客户端截图

表2 不同线路老化检测方法对比测试结果

检测方法	检测速度(s)	准确率(%)	检测墙体内部导线
断裂伸长率法 ^[2]	24	95.5	否
力传感器法 ^[3]	11	93.0	否
漏电流法 ^[4]	6	71.6	否
本文检测方法	3	96.2	是

4.4 配电箱验证效果

硬件设备完好且系统运行正常,本装置可用于监测配电箱内的线路老化情况,由图6可知,配电箱内两根红色导线温度较高,温度达到了 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,线路绝缘层可能发生了老化。系统将记录该温度数据,当该监测点温度连续 10 s 达到 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时,发出线路老化预警,提醒工作人员及时处理。

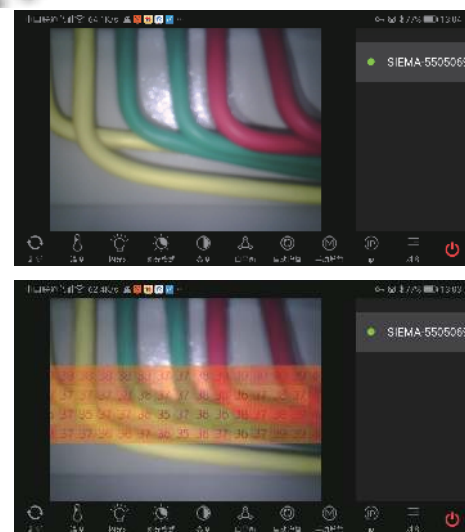


图6 配电箱内线路老化监测

5 结束语

结合红外传感器的室内输电线路老化监测系统,可实时监测待测线缆的温度,对墙体内线缆和其他热源进行区分,并对线缆异常部位拍摄照片.用户可通过手机 APP 或 PC 客户端实时监控待测线缆状态和线缆各部分的温度情况,发生隐患及时报警,提醒用户及时更换老化线缆.经过实验验证,本系统传感器工作正常,用户终端界面友好,满足室内输电线路热老化监测的需要,这给预防因线路老化引发电气火灾提供了一种切实可行的解决方案.

参考文献

- 1 胡鸿军. 浅析电气火灾多发原因及预防措施. 智能建筑与智慧城市, 2017, (10): 69-70. [doi: 10.3969/j.issn.1671-9506.2017.10.030]
- 2 迟嘉, 孙语泽, 胡亮. 基于无线传感器网络的室内输电线路热老化预测研究. 东北师大学报 (自然科学版), 2014, 46(3): 64-68.
- 3 朱斌, 陈忻, 惠兆宇, 等. 基于力传感器的核电厂电缆绝缘老化检测分析. 电工材料, 2020, (1): 17-19.
- 4 邓桂芳. 谈建筑物低压配电线路绝缘老化漏电的火灾预防监测. 电气工程应用, 2015, (3): 37-44.
- 5 陆斌. 基于红外热成像技术的输电线路关键部位温度在线监测系统 [硕士学位论文]. 太原: 太原理工大学, 2010.
- 6 季瑞松, 张建良. 双目成像测控系统开发及其在实验室中的应用. 物联网技术, 2020, 10(2): 63-65.
- 7 熊雪艳, 梁光胜, 赖程鹏, 等. 基于 OV2640 模块的网络视频监控系统设计. 单片机与嵌入式系统应用, 2015, 15(12): 23-26.
- 8 Roy A, Sampathkumar P, Anil Kumar PS. Development of a very high sensitivity magnetic field sensor based on planar Hall effect. Measurement, 2020, 156: 107590. [doi: 10.1016/j.measurement.2020.107590]
- 9 王薪宇, 邱满刚. 多协议远距离低功耗 IoT 网关硬件设计. 电子产品世界, 2018, 25(5): 71-75.
- 10 孙宇贞, 胡超, 方永辉. 基于 MLX90621 红外传感器的开关柜温度无线监测系统. 红外, 2016, 37(12): 13-18. [doi: 10.3969/j.issn.1672-8785.2016.12.003]