

一种电缆分支箱散热新方法

敖小勇 罗贤良 陈雪庆 宋 威 李国煌 刘海军

(国网江西省电力有限公司新余供电分公司)

摘要：分支箱的散热是电缆检修中面临的主要难题，炎热环境极易引起分支箱内装置的绝缘劣化，从而诱发短路接地，危及其安全稳定工作。近期多起分支箱电缆过热缺陷，反映出分支箱的散热状况非常差。基于此，本文对当前电缆分支箱中存在的散热问题进行深入的研究，并在此基础上，提出一种利用热导管和 PLC 实现对分支箱内温度进行自动化控制的方法，并根据该方法设计一种电缆分支箱自动散热装置。最终对所提出方案进行测试，实验结果证明，该方法可以显著提高电缆分支箱的散热效果，并且可以对电缆分支箱进行监测，减少装置的安全隐患。

关键词：电缆分支箱；散热；热管；PLC

0 引言

在电网中，电缆分支箱是一种常用的配网电力装置，其负责把由外传输来的电力输送至各类用电装置。在建筑、工业、农业等方面都有广泛应用，保证供电的安全性和可靠性。另外，分支箱还能起到对内部装置的防护作用，防止外部环境的影响。在实际工作中，由于分支箱尺寸小、内部设备布置紧密、通风条件恶劣，且内部电缆的工作都会产生热能，使得分支箱温度升高，特别是在夏季高温天气^[1-2]。

在迎峰度夏过程中，当外界环境温度超过 36℃ 时，分支箱内的空气温度往往会升高至 58℃，当环境温度超过电气设备所能耐受的最高温度时，就可能引起电气设备的故障。此外，温度也会显著缩短装置的绝缘材料使用寿命，造成装置发生短路、跳闸等故障，增加断电时间，影响电网的供电可靠性^[3]。

目前，分支箱的散热方式是在分支箱内安装空

调、加装风扇等。在分支箱内安装空调降温效果较好，但其成本及故障率高，后期运维成本也大大增加，难以满足现场数量庞大的分支箱需求。在分支箱内加装风扇，成本相对较低，但其散热降温效果较差，特别是在夏季高温期间^[4]。基于此，本文提出应用热管技术并基于 PLC 逻辑控制，提出适合于电缆分支箱的散热方法及装置。本装置可安装于分支盒后柜门处，有效地改善了分支箱内的散热效果，从而保证设备平稳、可靠工作，提高电力系统的供电可靠性。

1 热管技术

热管是一种最早应用于航空工业的先进技术，由于其具有散热快、体积小、成本低等优势，在工业生产中得到广泛的应用，如化工、热工和电力电子领域等。热管是目前已知的具有最快速传递热量的部件，该部件具有较高的散热能力和较好的导温性能，与同

基金项目：国网江西省电力有限公司科技项目资助“新型适用于带电作业的低压蜂窝式分支箱的研制”（项目编码：5218B0240001）。

等重量的铜散热部件相比，其散热效能高出三个量级。热管由于其热响应快、热量传递大、无需主动器件、无需能量消耗等优势，在 20 世纪 70 年代进入商用阶段，便受到各方的广泛关注。热管是一种密封焊接式汽化制冷装置，其由一根密封管、一根吸液芯、一条蒸气通路构成。其制作方法是在管道内形成一个负压，然后在管道中加入适当的能气化的工作流体（如水、乙醇、氟利昂等），将管壁上的吸液芯毛细多孔物质填满，如图 1 所示。

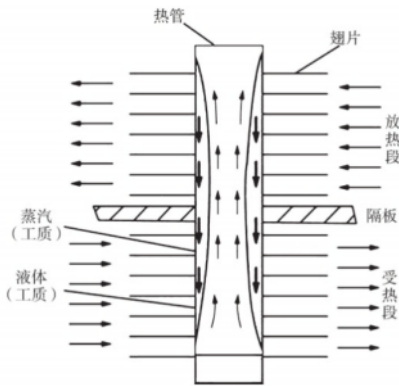


图 1 热管结构原理图

在其轴线方向上，其两端分别是汽化部分（受热部分）和放热部分（冷却部分），中间是绝缘隔板，将受热段与放热段隔绝。其原理是通过受热段液体吸热，将受热段内液体蒸发，向上传输至放热段，然后通过液化放热，通过散热翅将热量释放到空气中，同时液化后液体再向下流至受热段，如此反复循环，从而达到散热效果。因此，可以采用热管技术将分支箱内热量传递至分支箱外部，结合风扇等方法降低分支箱内温度。

2 电缆分支箱散热系统

2.1 分支箱内热量分析

电缆分支箱内发热可分为涡流发热、磁滞发热及

回路发热三种情况，而电流回路发热占主导地位。结合干线或支线电缆电流数值，其发热量可用焦耳法计算，如式（1）所示：

$$P = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R \tag{1}$$

式中， P 为热功率； I 为回路电流； R 为回路电阻。

例如，当有 2000A 的电缆电流流过分支箱时，其产热大约是 1800W。当 4000A 的电流流过分支箱时，其产热大约是 3600W。根据表 1 中热管换热能力的经验公式和热管制造商的产物功率说明，选用四条长 1m、外径 25mm、热管输送功率大于 4kW 的热管，可以在规定的工作条件下，满足高电压分支箱在额定运行时的散热要求。

表 1 加热段长度、管外径、传输热功率关系

加热段长度/mm	传输热功率/kW	管外径/mm
500~1000	<1	15~25
1000~2000	<3	25~33
2000~3500	<5	33~60

2.2 电缆分支箱散热方法

散热方法具体是在电缆分支箱顶部加装热管，其中受热段在电缆分支箱内部，而放热段在电缆分支箱外部，利用热管原理将分支箱内部热量传输至分支箱外部，同时为了提高散热效果，并在分支箱外部放热段加装风扇。该方法相对于传统的风扇及空调散热效果而言，其能够有效隔绝分支箱内部和外部的连接，避免潮气及小动物进入电缆分支箱内部。同时为了调节控制电缆分支箱内温度，通过在电缆分支箱内部加装温度传感器并将数据传输至 PLC 控制单元，并设定温度阈值，当温度超过阈值时风扇启动，提高散热效果。

风扇启动方案。为了提升电缆分支箱散热效率，同时保证散热效果。设置风扇启动阈值 T_{max} 与 T_{min} 、电缆分支箱内外温度差 ΔT_1 、风扇运行时间 ΔT_2 。具体是当分支箱温度超过 T_{max} ，同时电缆分支

箱内外温差达到 ΔT_1 时, 风扇开始启动。而当电缆分支箱内温度低于 $T_{\min}$, 同时风扇运行时间超过 ΔT_2 时, 风扇则停止。该方案能够最大化降低电能损耗, 同时确保电缆分支箱内温度满足要求。其控制逻辑结构图如图 2 所示。

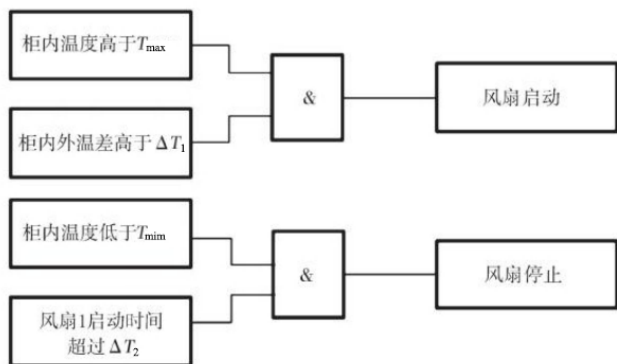


图 2 风扇控制逻辑框图

参照实际运行环境及设备最高运行温度, 本文对于 $T_{\max}$ 、 $T_{\min}$ 、温度差 ΔT_1 、运行时间 ΔT_2 设定值如表 2 所示。

表 2 风扇参数设定值

名称	整定值
$T_{\max}$	65℃
$T_{\min}$	50℃
温度差 ΔT_1	20℃
运行时间 ΔT_2	2min

2.3 分支箱内部温度监视系统设计

为能够在远程后台直接观测电缆分支箱内部温度数据, 提升运行及维护人员的工作效率, 本文设计分支箱内部温度监测系统。具体是利用通讯网络, 将温度监测及风机启动及停止的讯号传送到监视系统, 让巡查人员可以随时掌握分支内部的温度状况, 可根据温度变化幅度、风机启停次数等有针对性地检查维护, 提升功率效率同时确保设备运行可靠性。其中 PLC 通讯部分配有 TCP/IP 网络通讯处理单元以及

RS485 串口通讯, 能与多个 PLC 或 PC 机通讯。PLC 的输入端通过 485 串口的数据 NP801, 然后将其转化为以太网方式, 通过开关发送到监测计算机。最后通过总线传输到上位机, 完成对电缆分支箱的温度、风扇启停次数的监测。

3 实验测试及应用分析

为进一步验证本文所提出的电缆分支箱散热方法的有效性和实用性, 本文在实验室中模拟建立一个简易电缆分支箱, 并将本文提出的基于热管的散热装置加装在该分支箱上, 在其内部设置发热源以模拟实际电缆运行发热。其中模拟发热源的温度为 70℃, 外部环境的温度为 35℃, 将设备运行温度散热至低于 50℃ 符合要求。同时建立对照组, 对照组的散热方式为传统的风扇散热。对分支箱内温度降低至 50℃ 的散热时间、分支箱内部最低温度进行统计和分析。统计结果如表 3 所示。

表 3 统计结果

项目	提出方法	传统方法
散热至 50℃ 时间	2min	4min
最低温度	36℃	43℃

从表 3 的统计结果可知, 本文所提出的散热方法散热至 50℃ 时间仅需 2min, 远低于传统方法 4min, 表明本文所提出的方法散热效率更高。在分支箱内部散热最低温度, 本文所提出的方法能够将分支箱温度降低至 36℃, 接近环境温度, 而传统方法只能将分支箱内部温度降低至 43℃。综上分析可知, 本文所提出电缆分支箱散热方法相较于传统方法具有散热效率高、散热性能好等优势, 且能够避免外部环境湿气进入分支箱内, 确保分支箱内设备稳定可靠运行。

4 结束语

电缆分支箱被广泛地应用在配电网领域, 其稳定

可靠运行对于配电网供电可靠性至关重要。电缆分支箱内部空间狭小、散热差使得分支箱内部温度过高，导致设备绝缘劣化，严重威胁箱内设备安全可靠运行。本文提出的电缆分支箱散热新方法通过引用热管技术并基于 PLC 逻辑控制，实现对电缆分支内部温度的控制和监测。最终对该方法的有效性进行测试，测试结果表明该方法能够快速有效降低箱内温度，相较传统方法散热效率更高、散热性能更好，适用电力生产实际需求，具有一定应用推广价值。

参考文献

[1] 孔丹军，杨国平，夏晨，等. JP4 型综合配电箱自动散热装置的研制与应用 [J]. 农村电气化，2019（11）：61-63.

[2] 吴锦虹，余伙庆. 大电流 KYN28 型高压开关柜改善温升解决方法 [J]. 机电工程技术，2024，53（11）：186-192.

[3] 赵贺. 物联网技术支持下电厂电气开关柜温度监测系统的构建 [J]. 机电产品开发与创新，2024，37（5）：172-174，177.

[4] 谭洋洋，蔡川，宋颖，等. 高压开关柜散热装置可拆卸式结构的设计 [J]. 电工技术，2024（15）：116-118，123.

（收稿日期：2024-12-10）

（上接第 74 页）

参考文献

[1] 郭晓敏，潘卫国，余家华，等. C 型滤波器全频域滤波效果的元件参数影响规律研究 [J]. 电工技术，2022（17）：40-44.

[2] 徐方维，贾俊炜，郭凯，等. 一种无谐振 C 型滤波器的优化设计方法 [J]. 电力工程技术，2024，43（6）：183-193.

[3] 魏玉红. 基于高通滤波器的谐波分析及抑制方法研究 [J]. 新型工业化，2021，11（7）：253-257.

[4] 龚海燕. 变频器谐波危害及治理措施 [J]. 大众科技，2019，21（11）：35-38.

[5] 毕向阳，朱凌. 无源滤波器的设计及仿真研究 [J]. 电力电容器与无功补偿，2008（5）：22-25，53.

[6] 王文海. 电动汽车用电力测功机系统的设计与研究 [J]. 电气时代，2014（9）.

（收稿日期：2024-12-17）