PLC控制下通信供电系统故障联锁保护技术运用

程鹏飞

（漯河技师学院，河南 漯河 462000）

摘 要 为保证通信供电系统的长期稳定运行，本文提出在可编程逻辑控制器（PLC）控制下应用故障联锁保护技术。通过介绍通信供电系统常见故障以及故障联锁保护要求，为系统优化设计提供指向性。随之从硬件设计、PLC故障联锁保护程序设计、系统软硬件协同设计三个维度，总结故障联锁保护要点，并进行系统调试与测试。测试结果表明，在可编程逻辑控制器控制下，通信供电系统应用故障联锁保护技术，能降低设备故障率，缩短故障响应时长。

关键词 可编程逻辑控制器；通信供电系统；联锁保护技术

中图分类号：TM773 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.28.008

0 引言

通信供电系统为工业通信、移动通信基站等提供关键动力支持，系统结构包括高压配电、直流供电回路、稳压模块和通信传输接口等，不仅设备的分布密集，链路也相对复杂。如果该系统出现局部运行故障，势必会造成严重后果，如电压崩溃、设备损坏等。对比普通供电系统，通信供电系统故障的危害更大，需要进一步增强保护系统实时性和精准性。为达到这一要求，建议采用可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller，PLC），在PLC控制下，以自定义联锁逻辑为依托实时采集设备故障信息，并对故障进行精准判断、分级联锁与自动隔离。基于此，本文在PLC控制下，分析通信供电系统的故障联锁保护技术，总结该技术应用方法，保证通信供电系统的运行安全。

1 通信供电系统故障类型与要求

参考通信供电系统的运行工况，系统常见故障主要有电压异常、电流故障、电源模块故障、设备工况故障、通信链路故障、人为操作故障，这也是PLC联锁保护的重点对象[1]。根据通信供电系统常见故障，联系通信供电系统的不间断运行需求，采用PLC控制的故障联锁保护技术，应满足如下要求：（1）快速响应，要求故障信号采集周期不超过10 ms，联锁逻辑运算耗时小于5 ms，故障触发保护动作总时长在20 ms以内；（2）精准识别、判断故障，做到延时防抖与信号冗余检验，能精准区分瞬时干扰和实际出现的故障；（3）联动闭锁，确保系统多回路、多设备以及多电源均能实现交叉联锁。如果是单一节点出现故障，能与联动的关联设备隔离；（4）容错自愈，通过系统的故障记忆、分级保护、声光预警以及自动复位等功能，系统出现轻微故障可以自愈复位，若为严重故障，即强制性闭锁停机，保证系统连续运行的同时，也能兼顾安全性。

2 PLC故障联锁保护系统设计

2.1 硬件设计

实现联锁保护功能的关键之一是硬件，无论是选择硬件型号和接线方法，还是设计电路、配备模块，均要以工业标准为依据进行硬件系统的设计[2]。此次搭建硬件系统，从PLC主控模块、报警模块等环节着手构建模块化架构，具体设计要点如下。

2.1.1 选择关键硬件型号

此次系统设计的硬件选型如表1所示。

2.1.2 硬件接线

（1）模拟量信号接线。EM AE04模拟量输入端子与输出信号线连接，并采取屏蔽双绞线的布线方法，保证单端接地，以免电磁干扰影响信号质量；（2）数字量信号接线。开关信号与PLC数字量输入端子对接，输入信号均由光电隔离模块处理，以免高压串入影响PLC主控模块的正常运行；（3）输出回路接线。PLC数字量输出端子和报警装置、闭锁开关等串联，并在输出

作者简介：程鹏飞（1974-），男，本科，高级实习指导教师，研究方向：电气自动化。

表 1 系统关键硬件选型

模块	选型	功能
主控模块	西门子 S7-200 SMART SR40 PLC	支持 24 路数字输入、16 路数字输出以及 4 路模拟量输入，满足通信供电系统采集信号、逻辑运算以及设备联动的要求。
模拟量采集模块	EM AE04	负责采集电压、电流与温度模拟信号，采集精度能达到 0.1%
数字量采集模块	采集开关量信号	响应延迟不超过 1 ms
执行器件	直流接触器、快速断路器和电磁闭锁开关	分段响应时间不超过 15 ms
检测器件	均为工业级防水防尘型号	满足户外基站与机房机柜安装要求
配套设备	24 V 直流稳压电源、声光报警器、故障指示灯和工业触摸屏	实现故障实时预警，保证系统连续供电与运行状态可视化监控

节点处增设续流二极管，以免线圈断电形成反向电动势，可以对 PLC 输出端口起到保护作用；（4）冗余回路接线。系统设计中搭建硬件硬联锁的冗余回路，采取软件 PLC 联锁和硬件继电器联锁的防护措施，增强系统保护的可靠性；（5）供电回路接线。采集、执行模块和 PLC 主控系统各自供电，并设置独立控制的空气开关，以免出现供电故障影响保护系统的正常运行[3]。

2.2 PLC 故障联锁保护程序设计

2.2.1 信号采集与防抖滤波程序

系统在运行中如果出现瞬时电压波动或受脉冲干扰，并因此造成故障误判，需要在设计阶段设置软件防抖及延时滤波程序。总结设计要点如下：（1）模拟量信号采集程序。设置连续采样时间为 10 ms，如果采样数据连续 5 次均大于阈值，即为有效故障信号，直接过滤此类单次瞬时异常情况；（2）数字量故障信号。延时 9 防抖时间设定为 0.5 s，以免开关抖动或瞬时干扰误触保护。为保证信号真实准确，还需采用数据超限滤波算法，将数据包含的极值干扰去除。

2.2.2 典型故障联锁逻辑

根据通信供电系统常见故障类型设计相应的联锁保护逻辑，增强故障判断与处理的精准性，并实现联动闭锁与分级防护。实操逻辑设计如表 2 所示。

表 2 通信供电系统常见故障联锁逻辑设计

保护逻辑	设计原理
电压异常联锁保护逻辑	预先设置系统的额定电压波动阈值是 ±5%，由 PLC 获取母线电压与支路电压的数值。若参数超出阈值，启动防抖校验判断是否存在故障，随后立即启动分级保护
电流故障联锁保护逻辑	精准区分过载、短路故障
电源模块故障联锁保护逻辑	UPS 失电与蓄电池欠压等故障设计交叉联锁逻辑
设备工况故障联锁保护逻辑	采集配电柜体与稳压模块的实时温度信号
通信链路故障联锁保护逻辑	PLC 实时检测通信握手信号
操作误动作联锁保护逻辑	设计硬软件同步操作的闭锁逻辑

2.2.3 故障分级处置与自愈复位设计

为保证系统运行安全以及连续性，此次设计选用三级故障处置及分层复位模式，将故障分为一级、二级和三级。其中一级故障包括瞬时电压异常波动、轻微过载等，只发布声光预警，并完整记录故障的代码，系统正常供电；二级故障包括不间断的电压偏差与稳定过载等，除了发布预警，还需进行负载降级与设备自愈调节处理，若自愈调解 1 min 未恢复，便要立即锁定故障状态，由技术人员进行人工故障排查；三级故障包括短路、电源失效等，在发现故障的同时联锁隔离，马上切断故障回路，启动系统的停机保护功能，待故障解决由技术人员人工复位[4]。

2.2.4 冗余容错设计

针对 PLC 可能出现的单点故障或逻辑冲突情况，此次系统设计专门增加了多重容错设计环节：（1）对于冗余指令的容错设计，重要保护指令可以输出 2 次，每次输入的间隔是 2 ms，以免指令遗失影响保护时效；（2）对逻辑互锁的容错设计，主要是以对立操作指令为对象设计互锁逻辑，其中合闸 / 分闸指令、电源投入 / 切断指令均为互相闭锁状态，有效解决逻辑冲突问题；

（3）对超时容错的设计，若设备动作之后的300 ms没有接收到反馈信号，便可确定为执行故障，系统采取强制复位、发布预警的方式进行处理[5]。

2.3 系统软硬件协同设计

以此次设计的硬件架构、程序逻辑为依托进行软硬件协同设计，能在系统运行过程中形成闭环机制，保证系统运行全过程自动化，解决了人工干预的相关问题。具体在系统软硬件协同设计中，主要有以下几点：（1）采集信号。系统正式运行之后，PLC主控模块不间断的扫描所有采集模块信号，设置采样周期为10 ms。采集信号后去除干扰信号，向联锁逻辑运算单元传输有效数据；（2）信号分析与判断。预先设置故障阈值、联锁逻辑，由运算单元对系统当下运行状态作出判断。若系统无故障，可继续监测；如果发现故障信号，便会以最快的速度确定故障等级、类型，启动相应的分级保护；（3）硬件硬联锁。日过PLC软件程序在运行过程中出现异常情况，或者通信突然中断，此时自动触发硬件继电器联锁，以强制的形式切断故障回路。如此一来，便可以在软硬件的协同运行下实时系统的双重防护。

3 系统调试与测试

3.1 分阶段调试

（1）硬件调试。按顺序检测各个设备与模块性能，包括供电情况、信号采集效率、动作性能等，完成模拟量采集精度和数字量信号通断的校验，此调试流程可以判断是否存在接线故障或元器件破损问题[6]；（2）程序调试。在线模拟不同的故障场景，对电压故障、电流故障等情况下联锁响应效果进行测试，判断系统故障判定精度、预警响应速度等；（3）联动调试。模拟多种故障同时出现、多设备协同联动的场景，测试系统的联锁性能，以免动作响应不及时，或排查逻辑存在冲突；（4）带载试运行。系统与真实负载对接，开启连续72 h的带载试运行，实时监测系统运行是否稳定。

3.2 系统应用测试效果

为验证此次设计PLC故障联锁保护系统的运行效果，观察系统测试过程，统计测试数据如表3所示。结合表3所示数据，此次设计系统满足通信供电系统持续稳定运行规范，而且与传统保护技术相比具有应用优势。

表3 PLC故障联锁保护系统优化设计前后性能对比

统计维度	设计前	设计后
故障响应时长	80 ms～120 ms	15 ms～20 ms
年均故障误动次数	12次	0次
年均故障拒动次数	3次	0次
局部故障扩散导致的供电瘫痪事故次数	4次	局部故障支持单点隔离，不会影响整个供电链路
设备故障率	65%	23%

4 结束语

PLC控制下的通信供电系统优化设计，应用故障联锁保护技术可以解决传统继电保护面临的响应不及时、保护逻辑固化等问题。此次设计采取软硬件协同、故障自愈调节等方式，切实提高了通信供电系统运行的稳定性以及故障排查与防控能力。未来，通信供电系统还需探索多元化故障识别方法，利用人工智能算法进一步提高故障识别与判定精度，在联锁保护技术的支持下增强通信网络运行的连续性和稳定性。

参考文献：

[1] 杨瑞宁.化工装置仪表联锁保护系统设计与可靠性提升措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2026,46(12):121-123.

[2] 霸振,王浩然,黄政华.油气田压缩机联锁保护系统优化研究[J].设备管理与维修,2026(11):34-36.

[3] 孙胜元.DCS系统在化工装置联锁保护中的应用与优化[J].中国机械,2026(10):102-105.

[4] 王国增,马运光,王安绪.蓄热式煤气热风炉自动点火及熄火联锁保护控制方法[J].冶金设备管理与维修,2024,42(04):43-44,47.

[5] 李钢,胡荣远,周劭亮,等.适用于多种供电方式的节点联锁保护方法[J].城市轨道交通研究,2023,26(11):198-202.

[6] 韦忠俊.浅淡如何降低煤气加压机PLC控制系统故障率[J].中国机械,2023(18):94-97.