

备用电源自动投入装置拒动问题成因与逻辑验证方法

房杰晨

国网能源哈密煤电有限公司花园电厂 新疆 哈密 839300

【摘要】：电力系统的复杂性增加，备用电源自动投入装置在保障系统安全和可靠性方面发挥着至关重要的作用。在实际应用中，备用电源自动投入装置常常会出现拒动现象，导致备用电源无法及时投入，影响系统的供电可靠性。本文针对这一问题，首先从系统硬件、软件以及操作流程等多方面分析了备用电源自动投入装置拒动的可能原因。提出了一种基于逻辑验证的方法，对拒动原因进行了深入剖析，并结合实际案例对其进行验证，探讨了有效的解决方案。基于验证结果，提出了一系列改善措施和优化方案，为提高备用电源自动投入装置的可靠性提供了有力的支持。

【关键词】：备用电源；自动投入装置；拒动；成因分析；逻辑验证

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.021

引言

电力系统中的备用电源自动投入装置（ATS）是确保关键负载在主电源失效时能平稳过渡的重要设备。在实际操作中，设备拒动现象的出现频率较高，往往在系统出现电源切换故障时引发连锁反应，导致电力供应不稳定。问题的产生可能与设备设计缺陷、维护不足或外部环境变化等因素密切相关。为了有效应对这些问题，开展对设备拒动成因的深入分析及其逻辑验证成为提高电力系统可靠性和安全性的重要课题。如何定位拒动原因、采取精准的验证手段以及提出切实可行的解决方案，将直接影响到备用电源系统的稳定运行。

1 备用电源自动投入装置拒动现象的表现与影响

备用电源自动投入装置（ATS）拒动现象通常表现为设备在主电源出现故障或中断时，未能及时启动备用电源系统。该现象直接影响到电力系统的稳定性，尤其是在关键负载和重要设备供电需求高的场合，拒动可能导致电力中断，进而引发严重的经济损失或设备损坏。拒动现象的发生，不仅会使备用电源无法及时接入系统，还可能导致电源切换过程中出现反向电流、过电压等不安全因素，进一步影响电气设备的正常运行。

这种现象的影响不仅限于停电本身，还包括系统安全性与可靠性的降低。对整个电力系统而言，备用电源的自动投入功能具有至关重要的作用，尤其是在电力供应不稳定或主电源发生故障时，能够确保供电不中断，维持正常的生产活动和设备运转^[1]。如果备用电源不能正常投入，将可能导致设备长期处于缺电状态，甚至出现停运，增加设备的故障率，延长修复时间，最终带来高额的维护和维修成本。

更为重要的是，备用电源装置的拒动还可能导致故障传

播，增加电力系统的恢复难度。在一些大型工业系统中，设备的持续运行对整体生产过程至关重要，任何电力中断都可能造成严重的连锁反应，甚至影响到系统的整体稳定性和可靠性。拒动问题的普遍存在，也提醒了电力系统设计、检测与维护中可能存在的漏洞，指出了当前技术手段和检测方法的局限性。系统设计人员和维护人员在面对此类问题时，必须更加重视设备的运行状态和检测手段的完善，确保电力系统的稳定运作，避免拒动现象带来的潜在风险。

2 备用电源自动投入装置拒动的可能成因分析

备用电源自动投入装置拒动的可能成因涉及多个方面，包括硬件故障、软件问题、环境因素以及操作失误等。硬件方面的故障是造成拒动现象的常见原因之一。自动投入装置内部的电气元件如继电器、接触器、断路器等存在老化、损坏或接触不良的情况，可能导致电流信号传输不畅，进而无法触发备用电源的投入。电池电量不足或充电系统故障也可能导致备用电源无法及时启动，这类问题往往出现在设备长时间未进行维护或保养时。软件方面的故障同样可能导致拒动现象的发生。备用电源自动投入装置的控制系統通常依赖复杂的逻辑算法来判断何时切换到备用电源。若控制系统中的程序出现错误或逻辑判断不准确，便可能无法在主电源断电后及时切换。控制软件中的故障可能源自程序缺陷、系统更新不及时或参数设定不当。更为复杂的是，软件与硬件之间的兼容性问题也可能导致设备无法正常响应，尤其是在系统升级或改造后，未进行全面测试的情况下，出现拒动的概率增大。

环境因素同样是造成拒动的重要原因。温度过高或过低、湿度变化较大、电磁干扰等外部因素均可能影响备用电源自动

房杰晨，男，1999年生于陕西省，大学本科、工学学士，继电保护高级工，助理工程师，2021年毕业于新疆理工学院，同年就职于国网能源哈密煤电有限公司花园电厂，曾参与4×660MW火电厂集控运行工作，现负责发变组保护试验、变压器级开关保护试验、电气计量关口表计校验工作，电气工器具定期试验管理工作；主要参与风机电机、凝结水泵电机设备变频节能技术改造工作，负责660MW发电机及开关、变压器的试验、PLC控制器及继电保护检修等工作，负责高耗能电机设备的淘汰、节能技术升级等工作。

投入装置的稳定性。高温或潮湿环境可能导致设备内部元件的腐蚀或短路，电磁干扰则可能影响装置的信号传输，造成控制系统的误动作^[2]。操作失误也不可忽视。虽然自动投入装置设计上具有自动化功能，但在实际使用过程中，如果操作人员未按规范进行检查、调试和维护，可能导致装置未能正常投入备用电源。这种人为因素的失误，也往往在紧急情况下暴露出系统设计和操作中的漏洞。这些因素交织在一起，构成了备用电源自动投入装置拒动问题的复杂成因。针对这些问题，需要在设备设计、控制系统优化、环境监测和人员培训等方面进行综合性改进，以确保电力系统的稳定性和安全性。

3 逻辑验证方法的构建与应用

逻辑验证方法的构建与应用是确保备用电源自动投入装置能够稳定运行并避免拒动现象的重要环节。在设计逻辑验证方法时，必须针对设备的多层次功能和 workflows 进行全面分析，结合设备的硬件、软件及环境条件，制定出针对性的验证流程。针对硬件层面的验证，可以通过实时监控对电气元件进行功能测试。通过对继电器、接触器、断路器等关键部件的电气性能进行动态监测，能够及时发现因老化或损坏导致的故障。具体方法包括通过故障模拟测试，模拟不同电气故障情境，验证装置能否在预定时间内启动备用电源。

软件方面的验证同样至关重要。逻辑验证方法应确保控制系统的程序算法和逻辑判断没有缺陷。通过构建数学模型，分析控制系统的各项参数和状态变化，可以实现对软件逻辑的全面评估。在应用中，采用虚拟仿真技术对备用电源自动投入装置进行全场景模拟，验证软件的可靠性和稳定性。通过设计不同的运行情境和故障模式，能够检验系统是否能够在主电源失效后快速、准确地切换到备用电源，避免因程序问题导致的拒动现象^[3]。在验证过程中，结合硬件和软件的交互关系，进行系统集成测试也是必不可少的一步。通过集成测试，可以发现硬件和软件之间的潜在兼容性问题，确保整个系统的协同工作。此时，应通过引入实际应用环境中的干扰因素，如温度变化、电磁干扰等，验证装置在复杂外部环境下的应对能力。这种全面的验证方法，不仅能有效发现潜在的故障风险，还能确保在系统运行过程中能够实时调整控制策略，以适应不同的工作条件。

验证方法的应用也需考虑到设备的长期运行和维护。在长期运行过程中，系统可能受到设备老化、软件升级等因素的影响。定期进行逻辑验证，不仅是保障设备正常运行的必要手段，也是提升系统可靠性的重要途径。通过构建持续的监控与反馈机制，可以在系统运行过程中发现并解决潜在问题，确保备用电源自动投入装置的可靠性和高效性。综合以上几个方面，逻辑验证方法的构建与应用为备用电源自动投入装置的优化和升级提供了重要的技术支持，帮助提高设备的稳定性和安全性，确保电力系统在各种突发情况下都能稳定运行。

4 拒动问题的验证案例分析与解决方案

在实际应用中，备用电源自动投入装置的拒动问题往往出现在关键时刻，导致系统无法及时切换至备用电源，造成供电中断和设备损坏。通过对一些典型案例的分析，可以揭示该问题的具体成因，并提出切实可行的解决方案。在一个实际案例中，某工业园区备用电源自动投入装置在主电源发生故障时未能及时启动备用电源，经过调查发现，故障的根本原因在于装置的继电器接触不良。继电器的触点因长时间未进行维护，存在微小的腐蚀现象，这导致电流信号传递不畅，使得装置无法感知到主电源故障并启动备用电源。经过这一案例的反思，采用了定期检查继电器接触点、增加监控传感器、优化维护流程等措施，最终解决了这一拒动问题。

另一个典型案例发生在某数据中心，备用电源自动投入装置在多次模拟断电测试中均未能正常工作^[4]。通过分析，发现其控制系统的软件程序存在缺陷，具体表现为当主电源发生异常时，系统无法识别到电压波动的微小变化，未能及时启动备用电源。进一步排查表明，控制程序在设置电压阈值时过于宽松，导致了判断错误。为了应对这一问题，系统开发团队进行了程序修复，重新设定了电压监测的精度，并且通过虚拟仿真测试不同电源异常情况，确保系统能够快速响应各种电压波动。更新后的程序还增加了冗余设计，确保在软件出现故障时，硬件能自动接管，避免因单点故障造成系统拒动。

另一个具有代表性的案例发生在某区域的电力调度中心。在该案例中，备用电源自动投入装置在复杂环境条件下拒动，经过现场勘察，发现温度过高导致设备过热，继电器内部出现短路现象，无法正常工作。为了应对这一环境因素，系统采取了提高设备散热能力的措施，增加了设备内部的通风和散热系统，同时将装置位置调整到更加稳定的温控环境。通过这些改善，系统能够更好地适应温度波动，确保备用电源能够在高温环境下正常投入。综合以上案例的分析，解决备用电源自动投入装置拒动问题需要从多个层面入手，涉及硬件、软件、环境等方面的综合性优化。通过精确的故障检测手段、定期的维护与检查、程序优化以及环境适应性设计等措施，可以有效减少拒动现象的发生。针对不同的实际情况，还需要灵活调整解决方案，确保设备在各种复杂工况下的稳定性与可靠性。

5 解决方案的优化与实施策略

在优化和实施备用电源自动投入装置的解决方案时，需采取多方面的综合措施以确保装置在各类故障情况下能够稳定、及时地投入备用电源。首先，针对硬件部分，必须对电气元件进行定期检查和维修。继电器、接触器和断路器等关键部件要经过长期运行考验，容易因老化、腐蚀或接触不良而出现故障。为此，采用高频率的检测和更换策略显得尤为重要。通过引入自动化检测系统，对电气元件进行实时监控，能够及时发现并进行预防性维修，避免因设备老化导致的拒动现象。在选

型上,应优先考虑高可靠性、高耐久性的组件,确保其在极端环境下的稳定性。

软件层面的优化同样至关重要。控制系统的算法应具备高度的容错性和鲁棒性,能够在电源电压波动、电流冲击等复杂情况下做出精准判断。为确保程序的可靠性,在软件更新时应进行充分的回归测试,模拟各种可能的故障场景,验证系统的反应能力^[5]。通过设置更加精确的电压阈值,增强电源异常的识别能力,控制系统能够在瞬时电压变化时迅速作出反应,及时切换到备用电源。增强系统的冗余设计也十分重要。将硬件与软件的互联互通进行优化,增加备用控制逻辑,在主控制系统出现故障时,辅助控制系统能够立即介入,确保不受单点故障影响。

环境适应性设计是解决拒动问题的另一个重要方向。设备安装环境中的温湿度变化、电磁干扰等因素对装置的正常运行具有直接影响。为了应对这些环境因素,系统需要进行防护设计。在高温和潮湿环境下,可以通过改进散热系统、加强设备防护壳体,避免因过热或腐蚀导致的设备故障。电磁屏蔽技术的应用也有助于减少外部电磁干扰,确保系统信号的准确传输。通过采用智能温控系统和电磁屏蔽材料,能够显著提高装置在复杂环境下的稳定性。

参考文献:

- [1] 李振兴,黄若钊,胡聪,等.储耗协同型新能源接入备用电源自动投入策略[J/OL].电力系统及其自动化学报,1-10[2026-01-14].
- [2] 胡红胜,葛蕾,章帅,等.浅谈PT断线时分段备用电源自动投入的超低误动率方法与实施[J].中国设备工程,2025,(09):266-268.
- [3] 龙家文,祝海,夏艳铎.大港油田变电站备用电源自动投入装置的应用[J].工业控制计算机,2024,37(12):157-158.
- [4] 刘书良,郑一方,赵清峰,等.备用电源自动投入装置的异常情况处理对策[J].电工技术,2023,(09):113-115.
- [5] 桑雷波.备用电源自动投入装置在煤矿井下中央变电所中的应用[J].矿业装备,2022,(05):246-247.

除了硬件和软件优化,操作人员的培训与管理也是提升备用电源自动投入装置可靠性的关键因素。操作人员应掌握备用电源系统的工作原理及常见故障诊断方法,定期开展操作技能培训和应急演练,确保操作员在设备出现故障时能够快速响应,进行正确处理。对于设备的日常维护,也应制定详细的检查计划,结合设备运行状态,对故障进行早期预警,减少设备在关键时刻的拒动概率。优化备用电源自动投入装置的解决方案,不仅仅是技术层面的提升,还涉及管理、维护等多个方面的改进。通过多角度的优化,能够从根本上提高系统的可靠性和稳定性,确保在发生主电源故障时,备用电源能够迅速、可靠地投入工作,从而保障电力系统的稳定运行和设备的安全运行。

6 结语

在备用电源自动投入装置的拒动问题中,成因复杂且多样,从硬件故障、软件问题到环境干扰均可能导致设备无法正常工作。通过对拒动问题的分析与验证方法的应用,可以有效识别故障原因,并提出针对性的优化措施。不断完善设备设计、提升控制系统的稳定性、优化维护流程以及改善操作环境,将显著提高备用电源自动投入装置的可靠性和安全性,确保电力系统在突发情况下能够持续稳定运行。