

厂用电系统安全运行管理及风险防控策略

杨涛

华电阜康热电有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i3.21097

[摘要] 厂用电系统属于发电厂和大型工业厂区内电能分配和供给的主要部分,运行可靠与否关乎机组出力、设备寿命以及人员安全。就目前系统存在的短路冲击、谐波干扰、备自投失灵、电缆绝缘老化等主要隐患而言,传统依靠事后维修和定期巡检的方式已经不能满足连续生产对于高可靠供电的要求了。本文从管理体系、风险辨识、应急保障三个方面提出协同策略,即创建四级岗位责任制和标准化操作票制度来夯实管理基础,整理出典型的故障模式并加入在线监测分级预警来提前发现隐患,改进备用电源自动投入逻辑,创建黑启动方案并建立隐患闭环整改机制,提高极端工况的恢复能力。经过研究发现,多种方式联合使用可以减少由于人为误操作、设备故障等造成的停电风险,给厂用电系统安全稳定运行提供支持。

[关键词] 厂用电系统; 安全运行管理; 风险防控; 备用电源自动投入

中图分类号: TG434.1 **文献标识码:** A

Safe Operation Management and Risk Prevention and Control Strategies for Factory Power Systems

Tao Yang

Huadian Fukang Thermal Power Co., Ltd.

[Abstract] The factory power system is an important part of the distribution and supply of electric energy within power plants and large industrial plants. Reliable operation is related to the output of the unit, the life of the equipment and the safety of personnel. Regarding the major hidden dangers existing in the current system, such as short-circuit impact, harmonic interference, automatic switching failure, and cable insulation aging, the traditional method of relying on post-event maintenance and regular inspections can no longer meet the requirements for high-reliability power supply for continuous production. This article proposes a collaborative strategy from three aspects: management system, risk identification, and emergency support, that is, creating a four-level job responsibility system and a standardized operation ticket system to consolidate the management foundation, sorting out typical failure modes and adding online monitoring and hierarchical early warning to detect hidden dangers in advance, improving the automatic input logic of backup power supply, creating a black start plan and creating a closed-loop rectification mechanism for hidden dangers, so as to improve the recovery ability of extreme working conditions. After research, it was found that the combined use of multiple methods can reduce the risk of power outages caused by human error, equipment failure, etc., and provide support for the safe and stable operation of the factory's power system.

[Key words] Factory power system; safe operation management; risk prevention and control; automatic input of backup power supply

厂用电系统是电厂、大型厂区的配电供电中心,给各种生产设备、自控及保护装置提供不间断的电力供应,运行是否稳定直接影响到机组发电、设备工作状态以及人身安全。目前厂区规模和用电负荷不断增大,系统存在着短路、谐波干扰、备自投失灵、电缆绝缘老化等许多安全隐患。传统的运维方式大多依靠

定期检修、故障后抢修,不能提前预知隐患,不能满足连续生产高可靠供电的要求。本文根据厂用电系统的结构和运行特点,从管理制度、风险识别、应急保障三个方面来整理安全控制要点及防范措施,可以为保证厂用电的安全、稳定、经济运行提供完整的理论依据和操作方案。

1 厂用电系统安全运行管理体系构建

1.1 组织架构及岗位责任制度完善

厂用电系统安全运行靠清晰的组织架构、严密的岗位责任制来保证。应成立专门的电气运行管理部门, 设置总工程师、电气专工、值长和运行值班员四个层次的职责分工。组织架构的设计要既考虑纵向的指挥链路是否通畅, 又考虑横向的协调机制是否有效。纵向上建立决策层、管理层、执行层、操作层四级垂直的管理链, 各个层级之间信息传递要快、准、全, 防止因为层级太多造成指令衰减或者信息失真。横向方面加强电气运行部门同设备维护部门、安全监察部门、调度通信部门的协同联动, 创建定期联席会议和信息共享制度, 防止部门之间职责交叉或者管理真空地带产生。

总工程师是技术决策的核心, 对全厂用电安全策略进行审核并批准重大操作方案, 从技术决策的角度来把握系统运行的方向, 并且承担新技术推广和反事故措施制定的技术引领工作。电气专工承担技术监督、规程编写、隐患排查治理等工作, 是技术管理和现场执行之间的纽带, 要具备扎实的电气专业知识以及丰富的现场操作经验。值长是运行调度的核心, 对厂用电方式切换、负荷分配、事故处理等现场工作具有指挥权, 其决策的好坏直接影响到事故处置的效果, 必须熟悉全厂主接线、保护配置、负荷情况。运行值班员执行具体的倒闸操作、设备巡视和运行参数的记录工作, 是安全管理的最后一环, 它的操作是否规范直接影响到设备和人身的安全^[1]。

各个岗位的职责要以书面形式固定下来, 编制岗位说明书和工作标准手册, 列入年度绩效考核和安全责任追究之中, 达到“一岗一责、责权对等”的目的。同时建立岗位资格认证制度, 所有电气运行人员必须持有高压电工操作证和调度系统运行值班合格证, 每年度进行一次岗位胜任能力复评, 确保持证上岗并保持能力持续达标。通过职责明确、资质控制, 消除管理盲区, 保证每一项操作有章可循、每台设备有责可究。另外建立岗位后备梯队培养机制, 对关键岗位实行AB角替补制度, 避免出现人员短缺造成管理断层的情况。定期组织岗位轮训、技术比武等各类培训活动, 提高全体人员的业务水平和应急处理能力, 为厂用电系统安全运行提供保障。

1.2 运行规程标准化及操作票管理制度执行

运行规程是厂用电系统操作的准则, 应包括系统正常启停、方式倒换、并列解列和异常处理等全部内容。规程的编制要依照国家以及行业标准, 结合厂内主接线型式, 保护配置和设备说明书来保证内容齐全, 数据正确, 逻辑严密。每年对规程进行一次复审修订, 根据设备异动、保护定值变化和反事故措施要求做相应的适应性修改, 保证规程内容同现场实际情况相匹配。规程修编要经过编写、审核、批准三级会签程序, 修订记录要存档备查^[2]。

操作票制度是防止误操作的主要防线, 对断路器分合闸、隔离开关投退、接地线装拆等操作必须实行“一人操作、一人监护”的双人制。操作票由值班员按照调度命令提前拟定, 经过值

长审核签字后才能执行。操作过程中严格执行唱票复诵制度, 每一步完成后就在票面上打勾标记, 不得跳项、漏项、擅自更改操作顺序。为加强规程的警示作用, 将典型违章案例纳入日常培训及操作前风险预控之中。如某厂运行人员执行10kV馈线倒闸操作时, 未核对设备双重名称(间隔编号、设备名称), 误入相邻运行间隔并带负荷拉开隔离开关, 造成弧光短路, 造成两台变压器跳闸和长达6小时的停电事故。该案例直接暴露了操作前位置确认走过场、监护人监护职责流于形式等深层次的管理问题。因此, 在执行操作票时必须严格遵守“四对照”原则(对照设备位置、名称、编号、状态), 每一项操作前都必须由操作人手指目视、监护人复诵确认, 待双方双重确认无误后才能解锁操作。将该类同行业典型事故案例纳入操作票执行前的安全交底环节, 用案示警的方式使作业人员直观认识到违规的代价, 自觉地由“被动执行”转变为“主动防误”, 从根本上筑牢操作安全防线。

对于重要的倒闸操作, 比如备用电源自动投入试验、母线停电检修等, 还要编制专项的操作方案, 提前做好危险点的分析和预控措施交底, 使操作人员对操作的目的、步骤、风险有清楚的认识。标准化的规程加严格的票证管理可以减少由于人为失误造成的短路、非同期并列、带负荷拉刀闸等恶性事故的发生。

2 厂用电系统运行风险辨识及预防控制

2.1 典型故障模式梳理及风险等级评估

厂用电系统故障形态多种多样, 需要建立系统的故障模式库, 包括短路故障、接地故障、断相故障、过电压故障和频率异常这五种。针对每一个故障模式, 再对它的诱因进行细化, 比如电缆终端头击穿、母线支持绝缘子闪络、断路器操作机构拒动、变压器绕组匝间短路、备用电源切换延时超限等等。各种诱因都有其不同的前兆特征以及发展变化规律, 应对其一一作详细的记载, 即典型的表现、诱发因素和可能出现的后果。

根据故障发生的可能性和后果的严重程度来确定风险矩阵法进行分级。I级风险为极高风险, 6kV及以上母线短路会造成全厂失电和设备严重损坏, 必须立即采取预防性措施, 并列入年度重点治理计划。II级风险属于高度风险, 重要辅机跳闸造成负荷转移的状况要限期整改并制订专项控制方案。III级风险为中度风险, IV级风险为轻度风险, 两者列入日常检查和检修计划, 定期巡视、预防性试验加以跟踪。评价结果形成风险清单和风险分布图, 实行动态更新, 系统方式发生变化或者新增设施工作时, 立即展开补充评价。经由系统的故障梳理并加以风险定级之后, 给后面监测手段的选取和应急预案的制订赋予精确的指向。以近三年的行业统计数据为例, 电缆绝缘老化和接头故障占32%, 断路器操作机构拒动约占15%, 这两类因素在I、II级风险中反复出现, 必须借助在线监测手段加以重点跟踪, 达成由“按级定策”到“靶向施治”的精准转变。

2.2 在线监测技术应用及预警阈值设定

传统的定期巡检方式不能发现早期的潜伏性故障, 必须采用在线监测技术来达到全面的状态感知。对母线和开关柜进行无线测温传感器的布置, 可以对触头、连接排等部位进行温度的监

测,防止接触电阻增大造成过热烧损。采用分布式光纤测温系统对电缆线路进行温度监测,可以发现电缆本体和中间接头的局部过热点,并且可以确定故障区间^[3]。在变压器上安装油中溶解气体在线色谱分析仪来跟踪乙炔、氢气等特征气体含量的变化趋势,提前预警绕组过热或者放电性故障。在接地系统上安装接地电流监测装置,及时发现单相接地和间歇性弧光过电压,防止发展成相间短路。

所有的监测数据汇总到电气设备状态评价平台里,平台内部包含带有统计过程控制功能的预警模型。对每一个被测物理量都设置三个阈值,分别是黄色预警、橙色预警、红色预警。黄色预警属于关注值,说明参数存在偏离趋势,要加快巡检速度并加大观察力度;橙色预警为报警值,表明参数已经超出正常范畴,必须断电检查缘由;红色预警为跳闸值,自动触发保护动作,由运行人员立刻处理。预警阈值是依据设备以往运行数据以及制造厂家建议值共同来确定的,同时也会随设备年龄的增长进行自我调整。在线监测和分级预警体系把故障发现节点提前了很多,给预防性检修留出足够的时间窗口,大大降低了由于突发故障造成的非计划停运风险。

3 厂用电系统应急保障及持续改进机制

3.1 备用电源自动投入及黑启动能力建设

厂用电系统供电的连续性依靠可靠的备用电源配置和自动投切逻辑。常规配置为工作电源和备用电源一主一备,备用电源自动投入装置要有电压判据、频率判据和同期检测功能。装置动作逻辑应满足以下要求,工作电源失压之后,经过一定延时来防止电压瞬时波动造成的误动,自动跳开工作电源断路器,然后经过合闸延时合上备用电源断路器。整定时间要考虑到负荷电动机的残压衰减特性,防止备用电源合闸时产生残压引起的非同期冲击,造成设备损坏和系统振荡。BZT装置应定期做动作试验和定值校验,保证装置处于完好备用状态。

全厂失电极端工况下应制定黑启动方案。方案要确定柴油发电机组或者外部应急电源的接入位置、接入顺序以及带负荷能力,合理分配有限应急资源来保证关键辅机的供电。规定蓄电池组的维护周期和容量核对频率,保证直流操作电源在交流失电的情况下可以连续工作2小时以上,保证保护装置、通信设备、控制回路等基本运行条件。黑启动方案半年开展一次桌面推演,一年开展一次实战演练,检验通信链路、保护定值、操作流程的有效性。采用备用电源快速投切和黑启动能力的建设,把停电损失控制到最低程度,保证重要辅机有序恢复,最大限度地缩短全厂停电时间。

3.2 隐患排查治理闭环及经验反馈机制

风险防控属于一项不断更新的长期工作,必须创建起隐患排查治理的闭环管理流程。排查渠道分为运行巡视发现、在线监测预警、检修解体检查、外部同行业事故通报这四种,保证隐

患来源全面覆盖。每项隐患都要按照发现、登记、评估、治理、验收、销号的六步法来形成闭环,即发现后24小时内录入隐患管理台账,保证信息不遗漏;安全专工组织对隐患等级和影响范围进行评估,确定处置优先级;制定治理方案并落实责任人和完成时间,任务明确、责任到人;治理完成后由验收组现场复核和试验验证,保证隐患彻底消除;验证合格后方可销号归档,全过程留痕备查^[4]。

建立经验反馈制度,每季度召开厂用电安全分析会,将本厂及行业内典型的事故案例汇总后进行根源分析,并开展类比排查。同类型的机组曾经因为备用电源BZT延时整定不合理而造成扩大性的事故,本厂应当立即对同类装置的定值进行检查,并做校核试验,防止类似的问题再次出现。将经验反馈成果加入到运行规程的修订以及操作培训教材当中,从而产生一个由事故、学习、改进所构成的良性循环。另外建立安全运行指标评价体系,包含操作票合格率、隐患整改完成率、设备故障率等量化指标,定期统计分析和通报,促使各个层次不断改善管理水平,不断提升厂用电系统整体的安全水平。

4 结语

厂用电系统安全稳定是电厂和大型厂区不间断生产的基础,相关管控和风险防控要从管理体系、风险辨识、应急保障三个方面协同推进。本文创建四级岗位责任制,实行标准化操作票,夯实管理基础;对各种故障类型进行全面梳理,划分出风险等级,采用在线监测预警技术提前发现并及时处理各种安全隐患;改善备自投装置,制订完善黑启动方案,形成隐患闭环整改体系,提高极端故障情况下应急处置能力。多措并举可以减少由于人为误操作或者设备故障所造成的停电情况,加快故障的恢复速度。未来依靠智能传感、边缘计算、AI技术,厂用电系统可以达到全状态感知、自主风险判断和智能操作决策的效果,智能化新技术也会成为以后工作重点。上述管理策略和手段的实施要依靠完善的考核评价体系和常态化的监督机制,用月度指标对标、季度管理评审、年度综合考评的方式来保证各项措施的效果。

[参考文献]

- [1]段磊.厂用电系统接地故障快速定位与防范技术探讨[J].电工技术,2026,(5):62-64.
- [2]赵成奎.关于厂用现场总线本质安全系统(FISCO)概念防爆探究[J].防爆电机,2025,60(2):47-50.
- [3]赵紫炎,田霖,黄显康,等.某核电厂安全厂用水系统轴封水堵塞缺陷分析和处理[J].中国设备工程,2025,(S1):97-99.
- [4]马爱民.智慧用电安全管理系统应用[J].中国科技信息,2023,(15):42-47.

作者简介:

杨涛(1986—),男,汉族,新疆人,大学本科,工程师,研究方向:电气工程。