

核电厂电气二次设备分析

张天银

广东拓奇电力技术发展有限公司

摘要：电气二次设备一般多用于实现对一次设备运行工作的监测与控制调节。同时，也可以实现对一次设备运行全过程的保护管理，避免电气设备在运行过程中出现安全风险问题。从客观角度上来讲，电气二次设备基本上可以视为低压电气设备的重要应用表现，比如比较常见的控制开关、继电器等均可以视为电气二次设备重要组成部分。为确保核电厂电气二次设备始终处于高效稳定的运行状态，本文主要结合核电厂电气二次设备类型情况以及应用情况，对核电厂电气二次设备运行管理措施进行研究分析，以供参考。

关键词：核电厂；电气二次设备；运行可靠性；措施分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.09.049

近些年来，随着生活生产电力需求持续增大，电力供应紧缺问题逐步显现。为切实满足生活生产电力需求以及缓解电力供应紧缺的现象问题，国家政府部门重点针对电力供应问题以及高效开发利用问题进行了统筹部署。结合当前部署规划情况来看，通过合理开发与利用核能在很大程度上可以助推电力资源高质量应用，不仅可以缓解电力供应紧缺的现象问题，同时也可以为实现低碳电力提供了良好选择，具有重要的可行性价值^[1]。与传统电力供应模式相比，核电能源可以规避传统化石能源存在的污染性问题以及供应短缺问题，所表现出的清洁低碳以及可应用性价值较强。目前，为促进核能资源合理开发与高效利用，我国对于核电厂建设以及部署规划问题进行了大力实践。其中，电气一次设备与电气二次设备作为核电厂电气设备的重要组成部分，其的运行质量水平在很大程度上会对核电厂整体安全运行产生直接影响。因此为保障核电厂电力资源供应充足以及安全稳定，管理人员就必须加强对电气一次设备以及二次设备运行安全问题的强调管理，尤其是电气二次设备。

一、核电厂二次电气设备配置以及应用功能分析

对于核电厂二次电气设备而言，在设备类型组成以及应用功能表现上，主要可以从以下几点进行重点研究与分析：

（一）电厂升压站计算机网络监控系统（NCS）

电厂升压站计算机网络监控系统（NCS）在运行使用过程中，主要通过依托于计算机运行功能实现对微机运行全过程的监督保护功能。其中，升压站络监控系统可以理解为全厂控制系统子站，在功能运行期间可与DCS等其他系统构建高效稳定的电厂自动化系统体系，可初步实现对全厂生产管理以及发电过程的严加控制。

结合实际运行经验来看，电厂升压站计算机网络监控系统所表现出的遥信、遥测、遥控以及遥脉功能相对突出，在功能运行过程中可以发挥出良好的控制管理效能。与此同时，电厂升压站计算机网络监控系统所具备的检同期功能以及全站逻辑闭锁功能相对优越，可以为核电厂电气设备安全高效运行夯实基础保障。

除此之外，电厂升压站计算机网络监控系统中的远动装置可以实现对智能电子设备数据的收集管理。并经过规约转换之后，可通过模拟通道以及数字通道等完成安全传送过程。一般来说，智能电子设备数据常需要传送到调度端或者集控站等功能位置当中。需要注意的是，远动信息需要采用直采直送方式实现安全高效传输过程。为避免远动信息传输过程中受到干扰影响，设计人员通常会将通讯装置安装于后台监控系统当中，以确保通信装置的独立运行功能，避免双方互受干扰影响^[2]。

（二）电厂厂用电气监控管理系统（ECMS）

电厂厂用电气监控管理系统（ECMS）所涉及的监控对象以及功能应用问题较多，举例而言，电厂厂用电气监控管理系统一般都可用于完成对电厂高压以及低压厂用电部分的全过程监控与管理。同时，也可以实现对厂用电切换装置、常用变压器以及启备变、发变组保护的全过程监控与管理。不难看出，电厂厂用电气监控管理系统所表现出的运行功能相对优越。

最重要的是，电厂厂用电气监控管理系统能够与DCS、SIS系统实现信息交互功能，进一步增强电气二次设备的运行监控与保护功能，具有重要的运行管理价值。除此之外，电厂厂用电气监控管理系统可通过利用多种通讯方式与其他系统之间完成信息交互处理，能够进一步保障信息通讯过程的安全性及稳定性^[3]。

（三）继电保护系统

升压站继电保护系统基本上可以视为核电厂电气二次设备的重要组成部分，在功能应用方面该系统装置可以实现线路保护功能、母线保护功能以及断路器保护功能等。其中，以线路保护功能中的光纤差动保护为例，在功能应用过程中，光纤差动保护功能可以通过实现重合闸功能以及接地距离保护功能等，进一步强化线路保护功能优势。而对于母线保护功能而言，主要着重体现在差动保护以及断路器失灵保护等功能方面。在断路器保护功能方面，主要以实现三相不一致保护以及断路器失灵保护等重要功能为主。

结合以往的配置管理经验来看，关于线路保护配置原则的研究与分析，主要可以围绕220kV及以上电压等

级需要按照双重化配置要求进行合理配置与优化应用、通道可采取复用或者直连方式进行合理配置与应用等内容进行统筹部署。母线保护配置原则则需要围绕220kV级以上电压等级需要按照双重化配置原则进行合理部署与优化设计、双母线接线必须按照单重化配置要求进行优化设计等内容进行统筹部署^[4]。

（四）准同期装置

准同期装置在功能应用以及拓展分析方面需要主动从理想的同期条件以及现实的同期条件两个方面进行研究与分析。其中，从理想的同期条件上来看，断路器两侧的电压幅值保持相等状态，同时断路器两侧的电压频率也保持相等状态。而从现实的同期条件上来看，断路器两侧的电压幅值差必须控制在给定范围之内，以防止电气二次设备在运行应用过程中出现安全风险问题。此外，断路器两侧的电压频率差值也需要保持在给定区间之内，并且断路器合闸瞬间两侧电压的角差必须为零。

结合以往的操作经验来看，关于准同期装置的操控管理可以从自动方式、半自动方式以及手动方式三个方面进行操控管理。对于自动方式而言，操作人员只需要借助遥控启动脉冲功能就可以实现操控管理过程。对于半自动方式而言，操作人员需要采取手动选点与手选确认的方式进行操控管理。而对于手动方式而言，操作人员必须在保障所有的操作均响应外部开入条件之后，才能够进行相应操作管理，并且保障同期允许为程序判别^[5]。

（五）同步相量测量系统（PMU）

同步相量测量系统（PMU）系统所具备的实时动态监测功能相对优越，在运行应用过程中可以实现对核电厂电气设备运行全过程状态的监测分析，管理人员可根据分析反馈结果对当前电力系统动态安全稳定情况及是否存在异常风险问题进行研判分析与控制管理。可以说，同步相量测量系统基本上可以视为提高调度机构准确掌握系统运行状态以及增强风险防控能力的重要系统装置。从主要配置上来看，同步相量测量系统在结构配置组成上主要以据集中器、升压站数据采集单元等为主。

（六）安全稳定系统

安全稳定系统作为核电厂电气二次设备的安全稳定系统防线，在运行过程中，安全稳定系统可通过发挥三道防线功能优势，避免电力系统在运行过程中出现停电事故或者其他运行故障问题。

其中，第一道防线主要以实现电网快速保护以及预防控制装置等功能为主。当发生单一故障问题时，安全稳定系统会在短时间内快速保护电网，避免电网出现运行异常问题。

第二道防线主要以实现稳定控制装置以及切机、切负荷等功能为主。通过实现第二道防线功能基本上可以降低电网运行故障发生概率，或者即便发生严重故障

时，也可以通过利用稳定控制装置等保障电网继续稳定运行。

第三道防线主要以实现电网失步解列以及电压紧急控制等功能为主，当电网运行过程中遭受到不稳定因素影响时，可以通过依托于上述装置系统避免事故进一步扩大。除此之外，从主要配置上来看，发电厂作为区域电网的执行端，在配置应用原则上一般多强调主从配置安稳装置原则进行配置管理。

（七）故障录波器

故障录波器在功能应用表现上主要以记录电力系统相关装置系统电参量变化过程以及继电保护动作为等重点内容为主。通过记录分析，可以给管理人员提供安全可靠的决策依据，及时切断故障问题，保障核电厂电气设备安全高效运行。

二、核电厂电气二次设备运行可靠性及现状问题分析

核电厂电气二次设备在运行过程中所面临的环境条件相对复杂，再加上受到人为管理因素的影响，导致电气二次设备容易出现运行风险问题。当运行风险问题表现过于严重时，会严重降低电气二次设备运行可靠性，容易引发运行安全事故问题。一般来说，核电厂电气二次设备在运行期间会产生相应的电磁波，这些电磁波对于设备系统运行过程会产生负面影响。如果未加以理控制与管理，就会导致控制设备运行效率低下。与此同时，电气二次设备所处环境因素相对复杂，如运行现场可能存在空气污染以及温湿度值超标的情况，导致二次设备难以保持正常运行状态。

最重要的是，如果电气二次设备在运行过程中受到外力因素影响而出现磨损或者冲击等问题，往往就会导致元器件安全性能严重降低，最终引发运行安全事故。除此之外，电气二次设备元器件质量状态在很大程度上会对设备系统整体运行效果产生直接影响。结合当前大环境情况来看，市面上的电气二次设备元器件质量规格存在显著差异，再加上厂家生产水准不同，促使核电厂所使用的元器件无法得到质量保障。总体来看，影响核电厂电气二次设备运行可靠性的因素有多种，为确保核电厂电气二次设备始终处于高效稳定的运行状态，建议相关管理人员除了可利用可靠性测试方法检测电气二次设备质量状态之外，还应该加强对核电厂电气二次设备运行维护工作的重视管理。

三、核电厂电气二次设备运行可靠性管理措施及相关建议分析

（一）重点检测元器件质量状态，增强设备运行可靠性

重点检测电气二次设备元器件质量状态始终是增强设备运行可靠性的重要保障。因核电厂运行环境相对复杂，需要相关人员更加侧重于关注电气二次设备运行可靠性以及元器件质量状态。举例而言，在正式运行电气

二次设备之前,工程相关人员应该做好电气二次设备调试管理工作,电厂各部门与工程方应定期开展相关联合检查。在联合检查过程中,对电气二次设备稳定性以及耐用性、实用性、安全性等指标因素进行重点检测,针对二次设备可按照电厂内部PW、PT相关程序内容进行商运前检修,确认检修后无异常,可以正式启动应用。

与此同时,核电厂在前期购买电气二次设备时,应该优先选择信誉度良好且生产质量较佳的厂家进行合作,从根本上保障电气二次设备元器件运行质量安全性。除此之外,在后期维护保养阶段,相关人员需要结合电气二次设备元器件老化状态,进行设备备品备件替换处理,制定老化管理方案,以避免对电气二次设备整体运行效果造成不良影响。

(二) 做好二次设备状态检修与数据处理工作, 强化二次设备运行效能

状态检修基本上可以视为保障核电厂电气二次设备运行稳定性与可靠性的重要手段。一般来说,核电厂检修人员可通过利用影像监视、超声波探测以及带点测试等方式手段实现对电气二次设备运行状态的检测管理。制定电气二次设备检修周期管理方案,在检测管理期间,可结合项目实际需求对电气二次设备化学参数、机械参数以及电力参数进行主动收集。并在此基础上,利用智能化技术手段实现对各项参数的综合对比与分析,并根据分析结果对当前设备是否存在异常问题进行有效判断。一旦发现异常问题,检修人员必须及时锁定故障问题发生位置,并采取针对性措施手段加以排除。

(三) 利用新技术以及新理念, 实现二次设备故障自动化诊断功能

实现二次设备故障自动化诊断功能基本上可以视为新时期保障核电厂电气二次设备高效稳定运行的重要手段。在具体实现过程中,建议检修人员可通过利用新技术以及新理念内容对二次设备故障问题进行自动化诊断与研究分析,确保二次设备始终处于高效稳定的运行状态。在方法措施的选择上,二次设备故障诊断技术可采取人工智能神经网络技术方法进行诊断分析。在功能原理上,检修人员可利用人工智能神经网络对故障类型以及具体位置进行精准识别。并结合实际情况合理划分故障等级,实现对故障隐患问题的综合分析。需要注意的是,神经网络诊断技术虽然应用相对广泛,但是在应用过程中需要依赖传感器实现对设备运行参数的主动收集。

因此在使用神经网络技术的过程中,检修人员还应该注重对传感器配置应用问题的优化管理。除此之外,检修人员也可以利用信号变化诊断技术实现对二次设备信号系统中参数问题的调节管理,根据调节管理情况完成自动化故障分析过程。一般来说,小波变换法作为信号变化诊断技术常用的方式手段,在应用过程中,可通过利用多尺度环境检测小波变换奇异点。在此基础上,

主动结合二次设备局部突变点数据参数内容,实现动态化与高效化监测分析过程。结合应用反馈情况来看,这种方式手段基本上不会对电器设备安全运行效果带来负面影响,可以满足设备运行稳定性要求。

(四) 明确设备可靠性运行影响因素, 做好设备测试程序优化工作

影响核电厂电气二次设备运行可靠性的因素较多,在具体识别管理过程中,需要相关人员主动结合新技术以及新理念方法,对传统粗放型管理模式所存在的弊端问题进行及时补齐,能够真正意识到提升核电厂电气二次设备运行可靠性的重要性。一般来说,某些电气元件本身热功率就偏高,很容易超出温度标准,影响控制设备整体运行可靠性。针对此,除了需要加强对温度影响因素的控制管理之外,建议核电厂方面应该优先选择热功率相对较低的电气元件进行安装使用。

除此之外,为进一步增强核电厂电气二次设备运行可靠性水平,建议管理人员应该对控制设备检修、试验程序内容进行健全完善。一方面,管理人员应该严格遵守电厂程序流程内容,确定程序内容无异常以及检修工作包工序内容已完成。通过采取周期性安全可靠的检修窗口基本上可以在短时间内获取与电气二次设备可靠性运行相关的数据资料,并对检修内容归档,便于数据回管理。另一方面,管理人员应该将试验分析的数据作为可靠性管理数据,对当前电气二次设备运行过程中存在的风险问题进行提前识别,并采取针对性应对管理方案,加强对电气二次设备运行全过程的维护管理。

结论

总而言之,为确保核电厂电气二次设备运行可靠性水平持续增强,建议在今后的管理工作中,管理人员应该主动结合核电厂电气二次设备运行可靠性管理要求,对新时期核电厂电气二次设备配置应用以及可靠性管理重难点问题进行妥善处理。期间,管理人员应该主动结合新技术以及新理念,增强核电厂电气二次设备可靠性管理效能。相信在全体人员的共同努力下,核电厂电气二次设备运行功能水平将会得到进一步增强。

参考文献

- [1]王更轩.保障电厂电气二次设备可靠运行的途径探讨[J].科技视界,2019(02):252-253.
- [2]罗红俊,杨廷勇,张官祥.白鹤滩电站电气二次设备制造工艺与安装质量控制探索与实践[J].核电站机电技术,2020,43(05):9-12+75.
- [3]李瑞春.核电厂电气二次设备管理措施[J].电子技术与软件工程,2020(11):135-136.
- [4]王宏飞.保障电厂电气二次设备可靠运行的途径探析[J].技术与市场,2016,23(07):177+179.
- [5]吴冰,魏翔.核电厂电气二次设备安装质量控制策略[J].河南科技,2021,40(25):48-50.