

电力设备设施的可靠性测试与维护管理研究

● 彭建国



[摘要] 随着社会经济的快速发展,近年来我国电力事业取得了长足进步,为社会生产与日常生活的电力输送提供了稳定的保障。电力系统变电运行是指在电能输送过程中将高压转变为低压(降压)或将低压转变为高压(升压),从而保障电能安全稳定输送,对维持我国电网持续稳定正常供电具有重要意义。然而,在实际变电运行中,电力系统变电运行的可靠性与设备维护存在明显的不足,使得电力系统工作效率下降,因此加大电力系统的运维力度是重中之重。基于此,文章将对电力系统变电运行的可靠性和设备维护展开分析,提出数字化转型的改进措施,从而促进电力系统供电的高效与稳定。

[关键词] 变电运行;电力系统;可靠性;设备维护

随着社会经济和科技水平的快速发展,电力自动化控制设备已成为支持和推动现代工业制造各领域的关键基础设施和装备。电力自动化控制设备是指利用检测传感器、执行器和控制器等实现对工程系统过程的智能监测和闭环控制的各类设备。这类设备能减少或替代重复性的人工作业,承担过程监测、操作优化、故障诊断等功能,大幅提升工业生产的自动化水平和效率,被广泛应用于汽车制造、精密机械加工、轨道交通等工业部门。电力自动化设备的可靠性和稳定性对保障复杂生产系统的安全高效运转至关重要。但随机故障和隐性系统缺陷等偶发故障事件有可能导致电力自动化设备出现运行异常、控制失灵甚至停机事故,造成整个生产系统的瘫痪和重大经济损失。为有效预防此类事件发生,研发和应用科学系统的电力自动化设备可靠性测试与评估策略具有重要意义。

Q 电力自动化设备可靠性测试的现状与意义

电力自动化发展正面临许多挑战,设备的使用环境适应性和后续维护是两大关键所在。在使用环境方面,电力自动化设备的正常运行依赖相对稳定的工作环境,但在实际情况中,环境变化复杂多样。例如,温度过高或过低都可能导致设备关键部件的参数超出设计范围而失效或使材料产生不可逆的物理形变,导致设备结构损坏,缩短使用寿命;严寒条件下,润滑剂粘度增加也可能导致运动部件阻力增大而停摆;意外的强烈物理撞击和振动也可能使内部组件或电路产生机械损伤。这些不确定的环境因素削弱了设备的稳定性和安全性,降低了实际运行中的可靠性。因此,电力自

动化控制设备的可靠稳定运行是保障复杂工业生产过程安全、高效的关键。开展电力自动化设备的可靠性测试能提前发现潜在问题,对保障生产环境的整体稳定至关重要。

Q 电力自动化设备可靠性测试的方法

(一) 实验室测试法

实验室测试法是在受控的实验环境中利用精密的测试设备和仪器,对产品样本进行可靠性分析的一种方法。该方法的核心思路是通过设置不同的工作环境条件和负载模式,尽可能全面地模拟产品的实际使用场景和过程,在这些可控变量下检测产品的功能参数、性能指标及故障响应特性,评估产品设计方案、制造工艺等方面是否存在可靠性设计缺陷或隐患。例如,可以构建恶劣的温湿度、压力和振动等外界环境条件,或给产品施加极端的工作负载,通过长时间的加速老化实验来考察产品的抗逆性和预期使用寿命。这种实验室测试可获得大量精确和可重复的实验数据,有利于找出产品存在的可靠性薄弱环节,进行针对性的优化改进。但任何实验环境都难以完全重现实际工作中所有的复杂变数,测试结果也难免会与实际使用存在一定偏差。

(二) 现场测试法

现场测试法是直接在产品实际工作环境中对其可靠性指标进行检测分析的一种方法。其最大优势在于可在真实复杂的使用条件下,获得产品各项工作参数和故障响应数据,测试结果最接近实际情况,真实可靠。根据测试时间,现场测试可以划分为三种方式:在线检测是在设备正常运行时进行,能检测设备在运行过程中出现的各种故障隐患;停机

检测则是在设备停止工作时进行，操作简单，但无法反映设备在运行时可能出现的动态故障；脱机检测是将设备关键部件从系统中拆卸下来进行单独测试，不会影响设备的正常工作性能，但难以模拟部件在整机工作时的实际情况。总体而言，现场测试设备成本相对较低，操作简便，测试数据具有很高的参考价值，但测试环境难以控制，对测试设备的准确匹配及操作人员的专业技能要求较高。为获得更准确可信的测试结果数据，需要不断优化改进测试设备和方法，并与其他测试手段如实验室测试方法相配合，从多个维度全面评估产品的可靠性。

❶ 电力系统设备维护与检修措施的优化路径

（一）设备安装运行维护的优化

电力系统监管的过程中，管理层首先考虑电力系统设备的安装成本、线路安全和外界环境等多个方面的因素，科学选择电缆线，为设备安装运维工作创造有利条件。之后管理层避开自然灾害较多的地区对电缆线路进行优化设计，还需要考虑铁路、公路等设施对电缆线路的影响。

（二）故障点检测技术的优化

（1）电桥法的优化。为强化电力设备故障排查，技术人员对电桥法操作要点进行及时优化，将电桥两端与故障相、非故障相有效连接，以有效的电阻连接方式实现电桥平衡，便于快速开展故障排查工作。优化过程中，技术人员应保持较高的专业理论及实际操作技能，能够及时将电桥法灵活运用于故障点排查过程中，根据低压脉冲反射解决实际问题。（2）脉冲电流法的优化。脉冲电流法指的是以高压方式击穿电缆线故障点，通过记录故障点数据信息形成相应的电流行波信号，准确判断故障距离。为促进脉冲电流法的有效运用，管理层首先制定脉冲电流法优化方案，然后明确脉冲电流法优化的基本内容，最后对此次优化方案及实施效果作出科学评估，由此促进脉冲电流法在电力设备故障维护与检修过程的更好运用。

（三）故障诊断技术的优化

有效的故障诊断可提高故障检修效率，要求技术人员先选取故障信号特征量，然后运用信号处理技术快速诊断出设备故障。例如，某电力技术人员在改进故障诊断技术的过程中，利用多种传感器测试同一故障，便于显示故障不同的表现特征。采用故障诊断分析技术了解故障来源，强调故障发生过程，快速得到准确的故障特征参数，便于根据故障类型分析故障原因，更好地体现故障诊断分析技术的网络传输功能。故障分析阶段，技术人员还应使用远程操控系统协助，高效开展电力设备状态检测工作，积极实现异地诊断故障，再借助虚拟诊断仪器上传诊断数据，确保故障诊断过程的合理优化。

（四）故障应急演练方案的优化

电力系统技术人员及时改进电力设备和设施应急演练方案，为提高电力设备故障的应急能力，严格按照标准化流程进行线路检查及故障检修，并在管理层带领下重新优化故障应急演练方案，具体计划如下。

应急演练内容：因 35kV355 断路器 355-1 开关进线位置电缆头拉弧，导致 35kV355 断路器跳闸，SVC 退出。演练时间：4 月 12 日 10 时 20 分。演练地点：站内。演练准备：提前准备演练过程中的安全用具、备用备件、漏电防护用品、隔离面罩等基础设施；对全员进行电力故障防范与处置教育，目的是提高全员的故障运维及检修理论基础及实践能力；演练前，相应人员积极熟悉应急处理基本流程及纪律要求，强调故障应急演练的预防性、模拟性；提前做好停电准备，避免发生真正的停电事故；保持现场秩序，保持移动电话、对讲机、监控设备的通畅。演练中各人员职责：总指挥负责本次应急演练的统一调度，并根据应急演练方案适时决定启动应急预案，演练结束后进行演练总结，及时总结此次演练工作的漏洞及成绩；现场指挥人员负责各部门人员的调配、协助总指挥完成演练物资准备等相关事宜，演练开始前一小时再次核对演练备件；运行组负责紧急故障处理、倒闸操作、现场安全监护等工作，及时确认现场状态；安全监督小组随时做好现场人员疏散、拉响警报、记录演习时间、汇报时间、整理事故报告等任务。演练步骤：（1）总指挥命令启动电力系统设备应急预案。（2）全体演练人员迅速到位，紧急处理事故。（3）故障处理小组到 SVC 室内闻到电缆线烧焦味，立即打开房门通风，检查中发现 B 相电缆头已被烧焦，快速使用对讲机汇报现场情况，然后快速撤离并填写事故应急抢修单。（4）现场指挥人员要求相关人员悬挂“紧急处理、请勿靠近”的警示牌，在 355 断路器门把手上悬挂“禁止合闸、谢谢配合”标示语，通知现场已布置完毕可进入下一步。（5）事故处理小组及时测试电缆绝缘部位，确认 355-1B 相电缆被击穿，快速确定故障发生地点，通知现场人员撤离，禁止他人进入，书写事故处理情况记录表，及时交接，将现场故障情况通知到每个运行人员。（6）总指挥接到现场汇报后通知开会讨论处理方案，讨论决定联系电业局相关人员进行资质审核、安全教育培训、设备记录检查，认真做好电缆修复。（7）电业局对故障电缆头进行重新制作，在进行耐压测试后将其接入隔离开关。（8）运行人员现场检查电力设备运作状态，将 355 断路器由检修转为运行，SVC 恢复运行。

❷ 新型电力系统下的电力设备运行维护技术

（一）预防性维护技术

预防性维护技术在新型电力系统下的电力设备运行维护

中扮演着至关重要的角色，它的应用可以提高电力设备的可靠性、延长设备寿命、减少故障率，从而确保电力系统的稳定供电。定期巡检和检查是预防性维护的核心措施，包括对电力设备的各个部件、连接、电路和外部环境的系统性检查。在巡检过程中，维护人员需要遵循严格的检查标准和流程，以确保每个细节都得到充分关注。设备在运行过程中可能会积聚尘土、湿气和化学物质。设备的清洁和维护包括清洁设备的外表、更换磨损的部件、重新润滑机械部件、清理通风孔和散热器等。这些维护步骤有助于确保设备保持清洁、干燥和良好的运行状态，从而减少设备故障风险，延长设备使用寿命，提高设备可靠性。维护人员需要按照制定的维护计划定期进行清洁和维护操作，确保设备处于最佳工作状态。设备校准和调整也是预防性维护的一部分。部分电力设备需要定期校准，以确保其性能和精度。

(二)智能化维护管理技术

在新型电力系统背景下，电力设备的智能化维护管理技术至关重要。其通过利用云计算技术，将数据和信息集成、分析和应用，以提高电力设备的可靠性，延长使用寿命，从而确保电力系统的稳定运行。首先，智能化维护管理技术可用于电力设备的生命周期数据管理，包括设备设计、制造、安装、运行和维护的全过程数据采集和存储。各阶段的数据可以在云平台上汇总，形成完整的设备历史记录，使维护人员可以追踪设备的整个生命周期，识别问题根源，为维护计划提供依据。其次，智能化维护管理技术还支持电力设备的预测性维护。通过大数据分析和机器学习，系统可以检测设备的异常行为，并预测可能的故障，这有助于制定具体的维护计划，避免突发故障，提高设备可用性。最后，智能化维护管理技术还支持实时监控和通知。当设备出现问题时，系统可以及时向维护团队发送警报，同时提供实时数据，以帮助维护人员快速做出反应，这有助于降低设备停机时间和维护成本。

(三)维护决策支持技术

在新型电力系统下，电力设备的维护至关重要，它对于电力系统的可靠性和稳定性有着直接影响。电力设备维护决策支持技术是一种关键工具，它可以帮助相关人员制定最佳的维护策略，以提高设备可用性、降低维护成本。首先，数据采集和监测是电力设备维护决策支持技术的起始点，这需要在电力设备上安装各种传感器和监测设备，用于

监测设备的运行状况。这些设备可以采集各种数据，包括设备性能参数、电流、电压等。这些数据是维护决策的基础，因为其反映了设备的实际运行状态。例如，温度传感器可以监测设备的温度变化，电流传感器可以记录电流值的波动，而振动传感器可以检测设备的振动情况。接下来，采集的数据需要进行存储和管理，以备将来的分析和决策使用。通常，电力设备维护决策支持技术使用数据库系统或云计算平台来存储数据，这可以确保数据的安全性和可访问性。在数据库中，数据可以被组织、分类和检索，以满足不同的分析需求，这有助于数据的长期保存和备份，以防数据丢失或损坏。其次，数据分析和故障诊断是电力设备维护决策支持技术的核心环节。在这一阶段，采集的数据将用于分析设备的健康状况，检测异常情况，识别潜在问题，并预测可能的故障。数据分析的方法可以多种多样，包括温度偏差分析、频谱分析、振动幅度分析等，这些分析方法可以帮助运维人员了解设备的运行状况，及时发现问题，并采取相应的措施。

Q 结束语

综上所述，电力设备运行维护技术在新型电力系统中具有广阔的应用前景和重要意义。随着科技的不断进步和创新，这些维护技术将不断发展和完善，为电力系统的可靠运行和能源的可持续发展提供更多的支持。电力设备的高效运行和可靠维护不仅关系电力行业的发展，还关系社会的持续健康发展。希望本文的研究能够为电力系统运维人员、工程师和决策者提供有益的参考，推动电力设备运行维护技术的不断创新和进步，促进电力行业的繁荣发展。

参考文献

- [1]王迎东.电力系统变电运行安全管理与设备维护探讨[J].电力设备管理,2022(04):172-174.
- [2]朱玉宝.电力系统变电运行安全管理与设备维护策略[J].电力系统装备,2021(07):138-139.
- [3]李婕.试论电力系统变电运行安全管理与运行维护[J].湖南水利水电,2021(03):89-90.

作者简介:

彭建国(1972-),男,汉族,山东聊城人,大学专科,工程师,国家能源集团国源电力有限公司,研究方向:电气自动化、新能源自动化。