

# 带电检测技术在变电运维中的应用研究

吴俊川

(国网福建省电力有限公司晋江市供电公司 福建晋江 362200)

**摘要:**近年来,带电检测技术在变电设备运维中的应用日益广泛。该项技术的出现,极大地提高了变电设备的检修效率,降低了运维成本,确保了电网的安全可靠运行。本文将简要概述带电检测技术的工作原理,分析其在变电运维中的优势,并展望其未来发展方向,以供业内人士参考。

**关键词:**带电检测;变电运维;应用

## 1. 带电检测技术在变电运维的概念及分类

带电检测是相对于传统的停电检修方式而言的,它指在电力设备不断电的条件下,采用各种检测设备和方法对运行中的电力设备进行检测和诊断的技术。带电检测可避免停电造成的经济损失和负面影响,具有检修费用低、检修速度快、检修效率高的优点。根据电力设备的电压等级,带电检测可分为高压带电检测和低压带电检测。高压带电检测适用于10KV及以上电压等级的变电设备,如220KV、500KV超高压设备;低压带电检测适用于1000V以下的低压设备。根据检测对象,高低压带电检测可细分为开关设备带电检测、变压器带电检测、线路带电检测等类型。根据检测方式,可分为接触式带电检测和非接触式带电检测。接触式需要检测设备与被检测设备产生物理接触;非接触式通过绝缘工具采集运行数据。根据检测目的,可分为状态检测、质量检测、故障检测、损伤检测等。带电检测技术为电力部门实现对重要设备的在线监测与故障预警提供了有效手段,是电力系统运维的重要保障。

## 2. 常见带电检测技术特点及应用

### 2.1 红外热像检测技术

红外热像检测技术是利用红外热成像仪器对电力设备的表面温度分布进行测量和分析,找出设备的热异常点或区域。其主要原理是不同物体对红外辐射的吸收和反射存在差异,通过检测目标发射的红外辐射判断目标物体的温度分布。

红外热像技术具有快速、直观、无接触的特点。它可以在带电运行状态下,远距离对电力设备进行全面检测,及时发现电器设备的各类故障如接触不良、绝缘老化、过载等,判断故障严重程度,为设备安全运行提供保障。它适用于变压器、开关柜、母线、电缆、连接器等设备和部件的状态检测。但其对低温异常的识别灵敏度较低,受测对象表面污秽也会影响结果准确性。

### 2.2 激光测缝技术

激光测缝技术是使用激光扫描对开关柜、变压器壳体等进行无接触测量,检测设备缝隙变形,判断绝缘是否损坏。它基于激光的直线性和指向性,通过激光束扫描测量目标表面点的三维坐标信息,结合特定算法分析缝隙变形情况。该技术具有高精度、快速的优点。可避免人员直接接触带电设备,确保操作安全。它适用于开关柜、变压器壳体等大型设备的微缝检测,特别是对GMP81规范提出的壳体微缝要求检测提供了有效手段。但设备表面需要清洁,污秽会降低检测精度。

## 2.3 直流检测技术

直流检测技术是在电力设备正常工作时,向其注入微弱的直流信号,通过分析回路直流电流变化判断绝缘状态。直流检测包括绝缘电阻测量、极化指数法、回潮法等。该技术能在设备带电状态下快速检测绝缘损坏情况,无需停电检修。并可追踪绝缘劣化趋势,预测绝缘寿命。但测试电流会对测试对象产生一定干扰,不适合对运行参数敏感的设备。测试结果易受外界环境影响。

## 2.4 无线电检测技术

无线电检测是利用电力设备工作时产生的无线电噪声,通过分析其频谱特性判断设备的工作状态及故障。它使用无线电频谱分析仪、声音频谱分析仪等设备获取噪声信号。该技术实现了对运行设备的无线监测,安全可靠,特别适用于转子绝缘监测。但需要积累设备各种状态下的频谱样本以供分析比较。受外界环境噪声干扰较大,结果易受主观影响。

## 3. 带电检测技术在变电运维中的应用

### 3.1 变电设备状态检测

带电检测技术可以在设备正常工作时对其进行状态检测,了解设备的实时运行状态。如利用红外热像技术检测变压器、开关柜等的热点、超温点,判断内部是否存在故障隐患;使用超声波探伤对断路器、刀闸进行在线检测,发现绝缘破损、接触不良等问题。还可以采用电弧探测技术监测断路器和刀闸的工作状态,避免误操作。

这些在线状态检测手段可以及时发现设备缺陷,无需停运就能判断故障性质和程度,为运维人员提供依据制定维修方案。还可以跟踪记录设备状态变化趋势,预测故障发展,实现变电设备的状况监测维护。

### 3.2 变电运行状态评估

带电检测结果可以评估变电系统的实际运行状态。如对开关柜进行红外和超声波综合检测,评定其绝缘和接触状态;使用电弧监测及热显像技术评估断路器运行状况;采用激光测缝和超声波技术判断变压器壳体绝缘完整性。通过对设备和系统的在线检测,可以准确判断其是否存在安全隐患,能否满足设计要求和运行需要,为调整运行参数、制定维护策略提供依据。还可以评估检修质量,确保返修设备达到合格状态。

### 3.3 变电设备故障预测

带电检测技术可以进行变电设备的状况监测,通过分析设备状态参数的变化趋势,预测其故障发展规律。如使用红外测温长期监测变压器热像,预测其绝缘和载

流状态变化,对局部过热趋势进行分析,预测绝缘损坏可能发展的后果。这可以实现对设备的全生命周期管理,做到故障预测维护。还可以通过相关软件平台实现设备健康状态的可视化显示。以更科学地制定维护策略,提高维护质量。

#### 3.4 变电设备预防性维护

带电检测技术可以实现对设备的预防性维护。与定期维护不同,预防性维护是在预测到设备有故障趋势时,按照故障发展规律进行的针对性维护。如通过红外测温获取设备热异常信息,预测局部过热可能引起的故障,可在此基础上进行针对性的设备处理、调整和维修,以消除隐患。还可以根据变压器绝缘检测结果,对绝缘劣化部位进行局部加固和补强,延长其使用寿命。预防性维护可以大大降低突发故障发生率,减少事故停运损失,实现变电设备的科学养护。

### 4. 带电检测技术应用存在的问题

#### 4.1 技术装备水平有限的问题

目前,我国在带电检测技术方面的装备大多来自国外进口,国产化程度不高。这些装备价格高昂,多数电力企业难以承担。另外,这些装备也存在精密度不高、环境适应性差等问题,无法满足复杂环境下的检测需求。这导致带电检测技术的应用范围受到一定限制。要解决这一问题,需要加大技术创新力度,开发适合国情的检测装备,提高装备的性价比和可靠性。同时,也需要引进和消化吸收国外先进技术,逐步提升自主研发水平。

#### 4.2 检测标准不统一的问题

目前,我国在带电检测技术标准方面缺乏统一规范,不同公司和机构制定的标准参差不齐,甚至存在标准冲突的情况。这给检测结果的判断带来很大困难,不利于技术的推广应用。要解决这一问题,国家层面需要组织力量,充分吸收行业意见,制定统一的技术标准体系,使标准更科学、合理化。并且随着技术发展不断修订完善标准,保证标准先进性。另外,也需要加强标准宣贯培训,提高电力企业和检测人员的标准遵循意识。

#### 4.3 应用人才匮乏的问题

目前,我国带电检测技术的应用人才严重短缺。大多数电力企业都面临人才队伍老龄化严重、中青年技术人员数量不足的问题。这些技术人员大多来自学校实验室,没有充分的实际经验。同时相关专业教育也存在着脱离实际的问题。这些都制约着带电检测技术向电力企业的转化应用。要解决这一问题,一方面要加强职业教育,设置专门的带电检测技术专业,加强理论与实践的结合。另一方面企业也要加强培训,使技术人员既掌握理论知识又有丰富实践经验。还可以建立人才引进和交流机制,促进整个行业技术水平的提高。

#### 4.4 技术应用成本高的问题

首先,带电检测技术装备价格高,需要大量资金投入。其次,检测人员的培养和考核也需要投入额外成本。再次,检测标准不统一增加了测试工作量,也提高了成本支出。最后,检测技术还没有形成规模化应用,一些额外支出也较多。这些都导致目前带电检测技术的应用成本较高。要降低应用成本,需要采取多种措施来提高检测工作的标准化、规模化程度,降低重复劳动。同时,

也需要不断开发新技术新设备,降低设备成本。还可以采用市场化方式,吸引更多社会资本投入带电检测技术的研发应用。

### 5. 带电检测技术在变电运维中的应用优化措施

#### 5.1 加强检测设备研发,推广使用智能化和模块化的检测装置

相关部门要加大对检测设备研发的资金和政策支持,鼓励设备制造企业开发智能化和模块化的新型检测装置。这类装置集成了传感技术、互联网、大数据分析等现代信息技术,实现了检测全过程的智能控制和优化,大大提升了检测的精确性、灵活性和效率。另外,模块化设计使得不同功能单元可自定义组合,降低了检测成本。应推广此类装置在变电站各类主设备的绝缘、接触、温升等检测项目中的应用,构建智能化和灵活可配置的检测系统。同时,还需建立统一的装置接口标准,实现与变电设备监控系统的信息融合,使检测数据能为运维决策提供支持。

#### 5.2 优化检测流程,实现信息化和标准化管理

电力企业内部要制定统一的带电检测业务流程和规范,进行信息化管理,在检测项目立项、设备选择、人员派遣、现场检测、数据采集、结果分析等全流程设置标准化操作规程。结合信息化管理系统,实现流程监控、设备调度、质量追溯、结果存档等功能,确保检测工作规范化、标准化。同时组织编制行业检测规程标准,加快推进标准化工作,规范检测操作,提供质量保障。另外,建立检测数据统计分析机制,实现对历史数据的挖掘应用,发现设备故障模式,提高检测的针对性。使检测成为变电设备状态评估和运维决策的科学支持。

#### 5.3 培训专业检测人员,提高检测技能。

电力企业要定期组织开展检测人员的岗前培训和在职培训,通过理论学习、仿真操作、现场实操等方式,系统培养员工专业的检测技能。重点进行新设备和新技术、新流程的培训,使检测人员能够熟练掌握各类先进检测设备的使用方法以及标准化检测流程,确保检测工作质量。同时建立检测人员素质评价体系,采取理论和实操考核相结合的方式进行定期评估,督促员工不断提升业务能力和水平。还要选送优秀技术人员到行业内先进企业和科研院所学习交流,开拓视野。

### 6. 结束语

综上所述,带电检测技术为变电设备提供了快速、精确的状态评估和故障诊断,实现了对电力系统健康状况的实时监测,从而减少了断电时间,提高了供电可靠性。随着检测技术水平和设备智能化程度的不断提高,带电检测在电网运维中的应用范围还将进一步扩大。相信随着这项技术的推广应用,变电运行管理将变得更为精细化和智能化,电网将达到“无人值守”的最终目标。

#### 参考文献:

- [1]黄峥,赵立志,潘铭.国内外带电检测技术研究进展与应用[J].南方电网技术,2019,13(07):82-87.
- [2]刘兵,尤新平.带电检测技术在输变电线路巡检中的应用分析[J].科技风,2020(22):115-116.
- [3]徐俊杰,郁明杰,金东旭.输变电设备在线监测与故障诊断技术发展[J].高压电器,2020,56(11):1-12.