

[在线监测]

电力设备运行状态在线监测系统的设计和实现

文/国网上海浦东供电公司 弥 潇
北京电力公司客户服务中心 肖 莞

随着我国城市化进程快速推进，对电力系统的要求越来越高，为了保持稳定和安全的运行状态，必须加强对电力设备的保障。对当前的电力设备运行状态在线监测系统进行深入分析，探讨更科学合理的设计方法和实现建议，加强电网安全运行的保障。

高压输电线路是电力输送的关键，尤其是在智能电网的核心构成中，为了满足较大范围和规模的供电需求，必须确保高压输电线路达到标准的运行要求。电力设备运行状态在线监测系统具有科学的监测作用，可以对电力设备的运行状态进行持续的和实时的监测，为了达到更好的监测质量和效果，需要加强对电力设备运行状态监测系统的设计，针对多元化的监测需求，不断完善系统的监测技术。但技术的提高受到较多因素的影响，导致较多的系统问题，不仅无法达到监测标准，还会造成电力设备运行故障，所以更要注重电力设备运行状态在线监测系统设计的可实现性。

电力设备运行状态在线监测系统的设计思路

电力设备运行状态在线监测系统可以通过收集绝缘劣化或缺陷过程中产生的电气、物理和化学等特性变化信息的方式，进行综合的分析和处理，从而掌握实际的变化数据和趋势，作为评估电力设备可靠性和使用寿命等性能标准的科学依据。当数据和趋势存在异常表现时，可从中推断出电力设备运行存在的故障，以及故障的原因、程度和范围等影响。所以电力设备在线监测系统的设计必须能够及时和准确地了解电力设备运行的情况，尤其是在故障前期的微弱表现信息，是做到提前预警和评估的关键。

电力设备运行状态在线监测系统的系统架构

1. 变电站运行环境监测

针对变电站运行环境的监测需求，以安全和视频防护监测为主，通常是无人值班监测系统，可以在减少人力资源的基础之上，达到更加准确的实时监测、出入口监测、防盗报警和火灾预警等监测目的。主要通过红外线、紫外线和电子烟感等技术，收集变电站内环境温度、变电站外环境温度和风速雨量等数据信息，记录变电站可能产生的明火、漏电、烟雾和进排水等情况。监测到的数据经过通信网络向子站系统传输，最后由集控中心对全部数据信息进行分析 and 处理，达到密集型排查电力设备运行状态监测效果。

输电网环境监测信息内容较多，以变电站运行环境监测最为关键，当数据信息异常表示变电站存在故障问题时，可通过远程视频监控终端，窗口自动切换，将报警信号和图像传输，并自动确定报警位置和类型，还可与警笛或照明等设备联动，强化监测系统的警示意义。险情的监控和自我检查需求，可通过视频单元系统实现，对事故地点和实际情况进行全方位的智能化跟踪。

2. 监测设备的供电

监测设备的供电必须严格遵守供电要求，尤其是杆塔上实用电池存在更换难度较大的问题。既不

能悬挂较长的导线，也不能从高压输电线路取电，可以采用安装节点的方式，通过太阳能供电系统，为监测子站和部分图像传感器节点提供所需电能。主要在于太阳能供电系统可以通过光照满足设备的持续供电需求，但要注意电池容量的选择，可以根据设备的功耗和连续阴雨天数等实际情况，计算出免维护铅酸蓄电池的所需容量。电池组件也必须根据实际情况选择，包括发电量、电池电压和设备功耗等情况，供电系统的体积和重量需要根据杆塔在抗风和承重等情况设计，才能确保太阳能供电系统达到供电要求。为避免对导线造成损伤等不良影响，采用电磁感应供电的方式设置导线温度监测节点。为防范输电线路荷载不足或继电保护跳闸等情况引起的断电现象，在设备上加装电磁感应供电的蓄电池。

3. 过程层设备监测

过程层设备监测包含的组件较多，以变压器、电容器、避雷器和断路器为主。为促进监测能力和范围的提高，需对电力设备深入研究，尤其是在过程层设备中起到重要作用的智能型开关，需加强电子设备、传感器、执行器和数字型通信接口等配置，提高在线监测和诊断功能的整体水平。为确保安全运行状态，必须对电气设备运行中产生的局部放电严密监测。可采用SF₆电气设备，通过其绝缘性能优势，减少放电问题造成的不良影响。

4. 电缆和开关柜测温

电缆和开关柜情况在电网运行过程中产生较大的影响，通常在线路之间传输能力过大的情况下，产生线路热量过高的问题，直接造成电力设备的运行故障。尤其是电网运行涉及大量的电气设备，一旦发生故障会造成多个设备出现问题，包括开关柜接触不良或插接偏心不正等。当高压电缆接头或导体之间存在接触不良时，绝缘老化问题更严重，甚至造成较大的安全隐患。所以，需要加强对电缆连接处和高压开关柜等设备容易产生过热问题的防范，通过实时监测准确的温度控制，光纤布拉格原理分布式光纤测温 and 星型拓扑布控温度等技术的应用，实现电缆和开关柜的实时测温监控，保障电缆和开关柜的运行安全。

5. 红外监测

设备过热是电力系统运行最为常见的故障引发

原因，造成的故障影响程度和损失程度都较大。需重点防范设备过热，通常以监测为主，在设备存在高热风险时，及时示警并及时处理，有效降低设备温度，避免设备过热引发的故障。红外监测技术操作简便、安全可靠和技术先进，是电力系统中常用的监测技术。通过热成像仪、红外热电视和红外温度等红外监测设备，对任何生物或非生物产生的辐射红外能量准确监测，达到极高的电力设备温度监测效果。

6. 电容型设备在线监测

电容型设备在线监测系统要通过信号采集的方式，分析采集数据，满足监测的需求。但监测准确性受到采样的影响，主要在于末端接地电流为毫安级的微弱电流，采样存在偏差，大大降低监测的准确性。现以直接耦合和磁性耦合两种方式作为主要的采集方式进行分析。

通过试品电流转化较高电压输出的方式是直接耦合方式，经过模拟量的传输达到更高的信噪效果，需改变直接耦合试品的接地方式。转变方法为两种：一是在直接断开试品的末屏接地后与电容取电压串接，信号调节回路后确保信号符合要求值；二是在末屏接地回路中串接阻容回路，为了确保输出电压达到几十伏的标准，需要对阻容值进行适当的选择。但直接耦合方式还存在部分缺陷，尤其是安全缺陷，直接耦合方式出现故障造成一次设备末屏接地产生短路故障，对设备安全的影响较大。直接耦合方式中没有隔离一二次端，系统存在过电压现象时，如果电元件没有立即起作用将引发电子线路和计算机系统的严重故障，造成的损失将难以估量。

采用单匝穿芯传感器的为磁性耦合方式，包括有源和无源两种类型，有较高的安全性，磁性耦合方式不改变试品的接地方式，能在试品之间建立有磁隔离，避免安全问题的发生。有源电流传感器将有源运算放大器加入输出端，放大传感器二次端的输出电压信号，信号得到较大程度的加强，有效避免了外界信号的干扰，有较高的准确性。无源电流传感器可以不通过加装任何辅助电路达到效果，结构较简单，后期维护较方便，能减少成本投入。电容型设备存在被测电流信号较弱问题，仅有几十毫伏的输出电压信号，当外界噪声信号较大时，造成

严重的干扰，对整体测量结果的准确性影响较大。

7. 避雷器在线检测

电力设备运行状态在线监测系统中，避雷器在线检测的重要性较高。尤其是氧化锌避雷器能达到高于阀型避雷器的保护性能，使被保护设备的绝缘水平大大降低，提高运行可靠性，减少成本投入。大部分电力系统以氧化锌避雷器为主，但由于当前的氧化锌避雷器不再会有间隙，电流在运行过程中由氧化锌阀片经过，增加了阀片的劣化速度和程度。当无串联间隙避雷器产生故障时，严重程度更高于有串联间隙避雷器，为了减少故障的发生和影响，必须重视氧化锌避雷器监测。

较大的电容量是氧化锌阀片的主要特点，电容电流是在运行电压下经过阀片的电流。氧化锌阀片正常运行过程中，通过电阻 R 的微小电流为数十微安，但有几百微安以上的电流 i_c 通过阀片电容 C ，阻性分量在正常情况达到5%~20%的全电流占比。氧化锌避雷器在线监测的主要目标是对泄漏电流的监测，避免氧化锌阀片老化导致过大的运行电压电流，确保设备运行整体安全。

8. 变压器油色谱分析在线监测

在时间推移的影响下，电力变压器的绝缘油和有机绝缘材料受到热与电的影响，产生老化或分解的问题，造成氢气、烃类气体、一氧化碳和二氧化碳等气体在变压器油中溶解。在变压器内部潜伏性过热或放电故障的影响下，气体的产生速率也快速提高。在线监测以油中溶解的气体含量为主，可提前对局部过热和电弧性故障起到较好的警示作用，同时对变压器的运行状态和故障趋势做到准确的掌握，更有效地遏制故障的恶劣影响。

电气设备运行状态在线监测系统的实现建议

1. 强化在线监测管理

在线监测系统具有较多的监测功能和监测设备，管理工作做好不同功能和设备之间的协调，保证监测系统发挥最大效能。我国在线监测系统的应用经验逐渐增多，对系统的功能性和稳定性要求越来越高，需在系统现场安装和操作规程等方面制定

明确的标准，在系统应用过程中严格监管。根据监测系统的应用需求，制定综合性评估监测机制，提高管理工作的科学性和有效性，确保监测系统性能的充分发挥。

2. 优化数据采集模块

智能变电站设备运行参数的监测通过数据采集模块实现，数据的处理流程较为复杂，包括实时的数据监测、根据通信协议将数据向中心机房传输、数据的集中和预处理、不同地方中心机房的数据发送以及数据的分析计算等。数据采集模块的优化大大提高数据采集的全面性和准确性，确保数据分析结果满足分析需求。提高数据的兼容性，确保数据类型满足大多数设备的数据需求。为满足未来的数据分析需求，预留足够的数据采集模块的通信结构空间，保证系统具备更大的升级空间。

3. 提升科研基础能力

电力设备运行状态在线监测系统具有较高的科学性，涉及多个科学技术门类，要提高系统的设计和实现水平，必须提高相关科学技术水平。加大科研单位和高校的技术支持，从科学技术层面开拓在线装置的开发前景，拓宽监控系统的使用性能。积极投入科技创新领域，攻关电气设备元件、变压设备和气体绝缘设备等专业技术，促进监测设备性能和监测诊断能力的提高，加强监测系统对其他干扰因素的抵抗能力，使监测系统更适用于市场的广泛性推广应用。

结束语

电力设备运行状态在线监测系统具有极为重要的现实意义，是确保电力设备稳定运行的关键。通过对系统设计的分析，能够更加了解系统设计的思路，优化设计技术。能够更加注重系统的可实现性，确保系统能够在电力设备的实际运行中发挥科学的监测作用。并通过探讨，加强对数据采集、数据传输和数据处理等技术环节的重视，推动电力设备运行状态在线监测系统更长远的发展。EA

(收稿日期：2021.06.29)