

智能电网中电气设备的状态监测与故障诊断技术研究

吴俊毅¹ 刘磊² 张宁³

1. 华电甘肃能源有限公司阿克塞分公司 甘肃酒泉 736400;

2. 华电甘肃能源有限公司阿克塞分公司 甘肃酒泉 736400; 3. 华电甘肃能源有限公司酒泉分公司 甘肃嘉峪关 735100

DOI: 10.12238/ems.v7i11.16054

[摘要] 智能电网中电气设备状态监测与故障诊断技术至关重要。通过对电气设备状态精准监测,能及时察觉潜在故障隐患。研究相关技术可提高设备运行可靠性,降低故障发生率,保障智能电网稳定、高效运行。介绍了状态监测与故障诊断的方法及优势,为智能电网的发展提供技术支撑。

[关键词] 智能电网; 电气设备; 状态监测; 故障诊断技术

引言:

随着智能电网的快速发展,电气设备的稳定运行成为关键。状态监测与故障诊断技术能实时掌握设备状态,提前发现故障。深入研究这些技术,对于提高智能电网的安全性、经济性和可靠性意义重大,是当前电力领域的重要课题。

1. 智能电网与电气设备概述

1.1 智能电网特点

智能电网是现代电力系统发展的必然趋势,它具有诸多显著特点。在我国,智能电网具备高度的信息化特征,通过广泛应用现代通信技术、计算机技术等,实现电力系统各个环节信息的高效采集、传输和共享。例如,在发电环节,智能电网能够实时获取各类发电设备的运行参数、发电能力等信息,并将其传输到调度中心,以便进行精准的发电计划安排。其自动化程度高,能够自主地对电网运行状态进行监测和调控,像自动进行无功补偿、电压调节等操作,以保障电网的稳定运行。智能电网还具有很强的兼容性,能够接纳多种类型的发电能源,如传统的火力发电、新兴的太阳能发电、风力发电等。这对于我国能源结构的转型,大力发展清洁能源有着重要意义。

1.2 电气设备在智能电网中的作用

电气设备是智能电网的重要组成部分,在整个电网的运行过程中起着不可或缺的作用。在发电侧,发电机将各种能源转换为电能,不同类型的发电机适应不同的能源形式。例如,火力发电机是我国传统发电的主力设备,为大规模的电力供应提供了保障;而风力发电机则是我国近年来蓬勃发展的新能源发电设备,它将风能转化为电能,为电网注入清洁

电力。在输电环节,变压器发挥着改变电压等级的关键作用,通过升高电压以减少输电过程中的电能损耗,再通过降压将电能安全、稳定地分配到各个用电区域。变电站中的断路器、隔离开关等设备则用于控制电路的通断,保障输电线路的安全运行。在配电环节,配电柜、配电箱等设备对电能进行分配和管理,确保电能准确无误地送到各个用户端。

2. 状态监测技术

2.1 监测方法

智能电网中的电气设备状态监测方法多种多样。其中,传感器监测是较为常见的一种。我国在传感器技术方面不断发展,多种类型的传感器被应用于电气设备监测。例如,温度传感器可以实时监测电气设备的温度变化,像变压器在运行过程中,其内部绕组的温度过高可能预示着故障隐患,温度传感器能够及时捕捉到这种温度异常。振动传感器则用于监测设备的振动情况,旋转类电气设备如发电机的转子在运行时的振动幅度和频率如果超出正常范围,很可能是设备出现了机械故障,振动传感器可精确测量并反馈这一信息。另外,油色谱分析也是一种重要的监测方法,尤其适用于油浸式电气设备。在我国的电力系统中,许多大型变压器采用油浸式结构,油色谱分析通过检测变压器油中溶解气体的成分和含量,来判断变压器内部是否存在绝缘老化、局部放电等故障。例如,当变压器内部发生局部放电时,油中会产生氢气、甲烷等特定气体,通过对这些气体的分析,可以提前发现潜在故障,保障设备的安全运行。

2.2 监测指标

对于智能电网中的电气设备,有多个重要的监测指标。

温度是一个关键指标,不同的电气设备都有其正常运行的温度范围。如一般情况下,电力电缆的外皮温度不应超过规定值,否则可能导致电缆绝缘性能下降,甚至引发火灾。电压也是重要的监测指标之一,电网中的电压波动会影响电气设备的正常运行,对于一些对电压敏感的设备,如电子设备、精密仪器等,过高或过低的电压可能会造成设备损坏。电流同样不可忽视,过大的电流可能使电气设备过载,导致设备发热加剧、绝缘老化加快等问题。绝缘电阻作为反映电气设备绝缘性能的指标,其数值的高低直接关系到设备的安全性。在我国的电力系统维护中,定期测量电气设备的绝缘电阻是一项基本工作,低绝缘电阻可能意味着设备内部存在受潮、绝缘破损等故障隐患。此外,设备的振动频率和幅度也是重要的监测指标,对于旋转类电气设备,正常的振动频率和幅度是设备稳定运行的标志,超出正常范围则可能表示设备存在机械不平衡、轴承磨损等问题。

3. 故障诊断技术

3.1 传统诊断方法

传统的故障诊断方法在我国的电气设备维护中有着较长的应用历史并积累了丰富的经验。其中,基于阈值判断的方法较为常见。这种方法是根据电气设备的正常运行参数设定相应的阈值,当监测到的设备参数超出这个阈值范围时,就判断设备可能出现故障。例如,对于变压器的油温,设定一个正常的温度上限值,当油温监测值超过这个上限时,就认为变压器可能存在散热不良或内部故障等问题。经验诊断法也是传统故障诊断的重要组成部分,维修人员凭借多年的工作经验,通过观察电气设备的外观、听设备运行时的声音、闻设备散发的气味等直观方式来判断设备是否存在故障。比如,当闻到电气设备有烧焦的气味时,很可能是设备内部的绝缘材料被烧毁,存在短路故障的可能性。另外,定期预防性试验也是传统故障诊断的一种手段,按照一定的周期对电气设备进行绝缘电阻测试、耐压试验等项目,通过试验结果来判断设备是否存在故障隐患。这种预防性试验在我国电力系统的设备维护中一直发挥着重要作用,能够在设备故障发生前发现一些潜在问题,提前进行维护和修理。

3.2 新型诊断技术

随着科技的不断发展,新型故障诊断技术在智能电网电气设备中的应用日益广泛。人工智能技术在故障诊断方面的

应用是一个重要的发展方向。例如,神经网络算法被用于电气设备故障诊断,通过大量的故障样本数据对神经网络进行训练,使其能够识别电气设备不同故障类型对应的特征模式。在我国的一些大型电力企业中,已经开始尝试利用神经网络对发电机的故障进行诊断,通过分析发电机运行时的各种参数,如电压、电流、振动频率等,神经网络能够准确判断发电机是否存在故障以及故障的类型。大数据技术也为故障诊断提供了新的思路,通过收集和分析海量的电气设备运行数据,挖掘数据中的隐藏信息。我国智能电网规模庞大,每天都会产生大量的电气设备运行数据,利用大数据技术可以对这些数据进行全面分析,发现设备运行中的异常趋势,提前预测故障的发生。另外,物联网技术使得电气设备之间的连接更加紧密,实现了设备的互联互通,故障诊断信息可以在设备之间快速传递,从而提高故障诊断的效率和准确性。例如,在一个物联网连接的变电站中,各个电气设备的状态信息可以实时共享,一旦某个设备出现故障,相关信息可以迅速传播到其他设备和监控中心,便于及时采取措施。

4. 技术应用与效果

4.1 实际应用场景

在智能电网的构建与运行中,电气设备的状态监测与故障诊断技术有着广泛的实际应用场景。在发电环节,对于大型火力发电机组,技术能够实时监测发电机的定子绕组温度、转子的振动情况以及汽轮机的轴瓦温度等关键参数。通过在发电机定子绕组中安装高精度的温度传感器,持续获取温度数据,一旦温度出现异常波动,就可能预示着绕组存在短路或者散热故障风险。在转子上设置振动传感器,可以精确捕捉转子的微小振动变化,避免因振动过大引发机械部件的磨损甚至损坏。对于风力发电场中的风力发电机组,由于其所处环境较为恶劣,这项技术可监测风机叶片的受力情况、塔架的倾斜度以及齿轮箱的油温等。叶片在长期运行中可能会受到强风、沙尘等侵蚀,传感器能检测到叶片结构完整性方面的问题,防止叶片断裂造成的安全事故和经济损失。在输变电环节,变电站中的变压器是核心设备,对其油色谱、油温、局部放电等状态进行监测意义重大。油色谱分析可以判断变压器内部是否存在绝缘老化、过热或者局部放电等故障隐患。通过在变压器油中安装气体传感器,实时分析油中溶解气体的成分和含量,如氢气、甲烷、乙烯等气体浓度的异

常变化往往是变压器内部故障的早期信号。

4.2 应用成效

智能电网中电气设备状态监测与故障诊断技术的应用取得了显著成效。从提高设备可靠性方面来看,通过实时监测设备的运行状态,能够提前发现潜在故障隐患,使得设备的维修从传统的定期预防性维修逐步向基于状态的维修转变。例如,以往对于电力变压器的检修是按照固定的时间周期进行,这可能会导致设备在正常运行时被过度维修或者在出现故障早期未能及时维修。而采用状态监测技术后,可以根据设备的实际运行状态确定维修时机,有效避免了不必要的维修操作,同时提高了设备的可用率。在降低维修成本方面,精准的故障诊断能够减少维修的盲目性。由于可以准确判断故障的类型、位置和严重程度,维修人员可以有针对性地准备维修工具和更换部件,避免了大规模的设备拆解和不必要的部件更换。对于电网运行的安全性而言,该技术能够及时预警故障,使得调度人员有足够的时间调整电网运行方式,防止故障的进一步扩大,保障了电网的稳定运行。例如,当输电线路上的绝缘子发生局部放电时,监测系统能够及时检测到这一异常,调度人员可及时采取隔离故障线路或者调整潮流分布等措施,避免绝缘子闪络引发的大面积停电事故。

5. 发展趋势与展望

5.1 技术发展方向

在未来,智能电网中电气设备的状态监测与故障诊断技术将朝着更加智能化、集成化和精准化的方向发展。智能化方面,随着人工智能技术的不断发展,如机器学习和深度学习算法将被更深入地应用到状态监测与故障诊断领域。以神经网络算法为例,它可以对大量的电气设备运行数据进行学习和分析,自动识别设备的正常和异常状态模式。通过对历史数据和实时数据的深度挖掘,神经网络能够建立起更加准确的设备状态评估模型,提高故障诊断的准确性和及时性。集成化趋势主要体现在多个监测技术和系统的融合上。例如,将电气设备的电气量监测(如电压、电流)与非电气量监测(如温度、振动)相结合,构建一个综合的监测体系。这样可以从多个维度对设备的状态进行全面评估,避免单一监测手段的局限性。同时,不同设备的监测系统也将逐步实现集成,形成一个整体的智能电网设备状态监测平台,实现数据的共享和协同分析。精准化则要求监测技术能够更加精确地

定位故障点和确定故障程度。例如,在局部放电监测中,通过改进传感器技术和信号处理算法,能够更准确地判断局部放电发生的具体位置,是在绝缘层内部还是在电极表面,以及放电的严重程度,为维修决策提供更精确的依据。

5.2 面临挑战与对策

然而,在智能电网电气设备状态监测与故障诊断技术的发展过程中,也面临着诸多挑战。首先,海量数据的处理是一个难题。随着监测技术的不断发展,设备产生的数据量呈指数级增长。这些数据不仅包括设备的实时运行数据,还包括大量的历史数据。如何对这些海量数据进行高效存储、快速传输和准确分析是亟待解决的问题。对此,可以采用大数据技术,构建分布式的数据存储和计算平台,利用数据挖掘和分析算法对数据进行有效处理。其次,传感器的可靠性和耐久性也是一个挑战。在智能电网中,电气设备分布广泛,所处环境复杂多样,传感器需要在恶劣的环境下长时间稳定工作。例如,在户外输电线路上的传感器要经受高温、低温、强风、沙尘等恶劣气候条件的考验。为提高传感器的可靠性和耐久性,可以研发新型的高性能传感器材料,优化传感器的结构设计,同时加强传感器的防护措施。再者,不同厂家设备的兼容性问题。由于智能电网中的电气设备由众多厂家生产,各厂家设备的接口标准、数据格式等存在差异,这给设备的状态监测与故障诊断带来了困难。解决这一问题需要制定统一的行业标准,规范设备的接口和数据格式,促进设备之间的互联互通。

结束语:

智能电网中电气设备的状态监测与故障诊断技术研究取得了一定成果。这些技术的应用提升了设备运行的稳定性和可靠性。未来需持续探索新技术、新方法,应对不断变化的电网需求,推动智能电网电气设备状态监测与故障诊断技术迈向新高度。

[参考文献]

- [1]陈志刚,赵晓峰.智能电网中电气设备状态监测技术研究[J].电力系统自动化,2021,45(1):52-59.
- [2]李建华,刘晓东.基于大数据的智能电网故障诊断方法研究[J].电网技术,2020,44(3):1047-1054.
- [3]张海峰,马超.人工智能在智能电网故障诊断中的应用研究[J].电力自动化设备,2019,39(10):1-6.