

电气工程及其自动化技术在高压输电线路状态监测中的应用研究

吕 成

包头供电公司 内蒙古 包头 014100

摘要：随着社会经济的快速发展，电力需求持续增长，高压输电线路作为电力传输的关键载体，其运行状态的可靠性和稳定性至关重要。电气工程及其自动化技术凭借其独特的优势，在高压输电线路状态监测中得到了广泛应用。本文深入探讨了该技术在高压输电线路状态监测中的具体应用，包括对导线温度、覆冰、风偏、振动等参数的监测，以及相关监测系统的构成与运行原理。通过实际案例分析，阐述了其在提高输电线路安全性、可靠性，降低运维成本等方面显著成效，为保障电力系统的稳定运行提供了有力支撑。

关键词：电气工程及其自动化技术；高压输电线路；状态监测

1 引言

高压输电线路是电力系统重要部分，承担大量电能传输任务。它覆盖广，穿越复杂地理和恶劣气候，面临机械、电气、化学及人为等挑战，易出现导线断股等故障，影响电力系统安全稳定，甚至引发停电事故。传统运维依赖人工巡检，效率低、强度大，难实时全面监测。电气工程及其自动化技术发展为线路状态监测提供先进手段，可实时监测、分析数据、预警故障，提高线路可靠性与安全性，降低运维成本。

2 电气工程及其自动化技术在高压输电线路状态监测中的应用原理

2.1 传感器技术

传感器是监测系统关键，采集线路运行相关物理与电气量，常见有温度、应力等传感器。它们利用物理原理将测量值转换为信号传至数据采集与处理单元。如温度传感器测导线等部位温度，应力传感器测导线张力等，为线路运维提供依据。

2.2 数据采集与传输技术

数据采集与传输单元处理传感器信号并传输到监控中心。采集时对信号放大、滤波等处理，还需校验纠错。传输常用光纤、无线、电力线载波通信。光纤通信适用于对实时性和可靠性要求高的场合；无线通信安装方便、灵活；电力线载波利用线路本身通信，但速率低、易受干扰。

2.3 数据分析与处理技术

监控中心对接收到的数据进行分析处理，主要运用数据挖掘、机器学习、人工智能等技术。通过分析大量数据建立线路运行和预测模型，实现故障预警和诊断。如用机

器学习算法建立导线温度预测模型，超阈值时预警；用数据挖掘技术分析故障数据，为运维策略提供参考。

3 电气工程及其自动化技术在高压输电线路状态监测中的具体应用

3.1 导线温度监测

导线温度是反映高压输电线路运行状态的重要参数之一。过高的导线温度会导致导线弧垂增大，与周围物体的安全距离减小，增加线路短路的风险；同时，还会加速导线的老化，降低导线的使用寿命。因此，对导线温度进行实时监测具有重要意义。

电气工程及其自动化技术在导线温度监测中的应用主要通过安装温度传感器实现。温度传感器可以安装在导线表面、线夹处或杆塔上，通过测量导线的温度，并将数据传输到监控中心。监控中心根据接收到的温度数据，结合线路的电流、电压等参数，利用热平衡方程计算出导线的实际载流量。当导线温度超过设定的安全阈值时，系统会发出预警信号，提示运维人员采取措施，如调整线路负荷、增加散热措施等。

目前，常用的导线温度监测技术包括红外测温技术、光纤光栅测温技术和分布式光纤测温技术。红外测温技术具有非接触、测量速度快等优点，但受环境因素影响较大，测量精度相对较低。光纤光栅测温技术利用光纤光栅的温度敏感特性，将温度变化转换为波长变化进行测量，具有精度高、抗干扰能力强等优点，但只能实现点式测量。分布式光纤测温技术则可以实现对导线全长的连续温度监测，能够及时发现导线局部过热等问题，但成本相对较高。

3.2 覆冰监测

在寒冷地区，高压输电线路覆冰是一种常见的自然灾害。覆冰会增加导线的重量，导致导线弧垂增大、张力增加，严重时可能造成导线断裂、杆塔倒塌等事故。因此，对高压输电线路覆冰情况进行实时监测，及时采取除冰措施，对于保障线路安全运行至关重要。

电气工程及其自动化技术在覆冰监测中的应用主要通过安装覆冰监测传感器实现。覆冰监测传感器可以采用称重法、图像识别法、电容法等原理进行测量。称重法是通过测量导线或杆塔上的覆冰重量来判断覆冰厚度，具有测量精度高的优点，但安装和维护相对复杂。图像识别法是利用摄像头拍摄导线的图像，通过图像处理技术识别导线表面的覆冰情况，具有直观、安装方便等优点，但受天气条件影响较大。电容法是利用导线与周围环境之间的电容变化来测量覆冰厚度，具有响应速度快、成本低等优点，但测量精度相对较低。

除了安装覆冰监测传感器外，还可以利用气象监测数据对线路覆冰情况进行预测。通过在输电线路沿线安装气象站，实时监测气温、湿度、风速、风向等气象参数，结合线路的地理位置和历史覆冰数据，利用气象模型预测线路可能出现的覆冰情况。当预测到线路可能出现严重覆冰时，系统可以提前发出预警信号，提醒运维人员做好除冰准备。

3.3 风偏监测

在强风天气下，高压输电线路会受到风力的作用而发生风偏。风偏过大可能导致导线与周围物体（如树木、建筑物、其他线路等）发生放电，引发线路短路事故。因此，对高压输电线路风偏情况进行实时监测，对于保障线路安全运行具有重要意义。

电气工程及其自动化技术在风偏监测中的应用主要通过安装风偏监测传感器实现。风偏监测传感器可以采用倾角传感器、位移传感器等原理进行测量。倾角传感器通过测量导线或杆塔的倾斜角度来判断风偏情况，位移传感器则通过测量导线与周围物体之间的距离变化来判断风偏情况。这些传感器将测量数据传输到监控中心，监控中心根据接收到的数据，结合风速、风向等气象参数，计算出导线的风偏角度和偏移距离。当风偏角度或偏移距离超过设定的安全阈值时，系统会发出预警信号，提示运维人员采取措施，如调整线路弧垂、修剪树木、安装防风偏装置等。

3.4 振动监测

高压输电线路在运行过程中会受到风力、导线舞动、电磁力等多种因素的作用而发生振动。长期的振动会导致导线疲劳断股、金具磨损、绝缘子损坏等问题，

严重影响线路的安全运行。因此，对高压输电线路振动情况进行实时监测，及时发现和处理振动问题，对于保障线路安全运行具有重要意义。

电气工程及其自动化技术在振动监测中的应用主要通过安装振动传感器实现。振动传感器可以采用加速度传感器、位移传感器等原理进行测量。加速度传感器通过测量导线或杆塔的振动加速度来判断振动情况，位移传感器则通过测量导线或杆塔的振动位移来判断振动情况。这些传感器将测量数据传输到监控中心，监控中心根据接收到的数据，利用振动分析算法计算出导线的振动频率、振幅等参数。当振动频率或振幅超过设定的安全阈值时，系统会发出预警信号，提示运维人员采取措施，如安装防振锤、阻尼线等。

4 基于电气工程及其自动化的高压输电线路状态监测系统实例分析

4.1 系统构成

某地区的高压输电线路状态监测系统采用了先进的电气工程及其自动化技术，实现了对输电线路全方位、实时的状态监测。该系统主要由传感器层、数据采集与传输层、监控中心层三部分组成。

传感器层包括温度传感器、应力传感器、振动传感器、覆冰传感器、风偏传感器、气象传感器等多种类型的传感器，分别安装在导线、杆塔、绝缘子、金具等关键部位，用于采集线路运行状态的各种参数。

数据采集与传输层负责将传感器采集到的数据进行采集、处理和传输。该层采用了分布式数据采集单元，每个采集单元可以连接多个传感器，实现对多个测点的数据采集。采集到的数据通过无线通信模块（如4G、LoRa等）传输到监控中心，同时也可以通过光纤通信方式进行备用传输，以确保数据传输的可靠性。

监控中心层是整个状态监测系统的核心，主要由服务器、数据库、监控软件等组成。服务器负责接收和存储数据采集与传输层传输过来的数据，并对数据进行分析、处理和管理。数据库用于存储历史数据和实时数据，为数据分析和故障诊断提供数据支持。监控软件则为运维人员提供了一个可视化的操作界面，通过该界面可以实时查看输电线路的运行状态、各项参数的变化趋势，以及接收系统发出的预警信息等。

4.2 系统功能与特点

该高压输电线路状态监测系统具有以下主要功能和特点：

实时监测功能：能够实时采集和传输输电线路的各种运行参数，包括导线温度、应力、振动、覆冰、风

偏、气象等信息，使运维人员能够及时了解线路的运行状态。

故障预警功能：通过对采集到的数据进行分析和处理，利用预先建立的数学模型和故障诊断算法，能够及时发现线路潜在的故障隐患，并提前发出预警信号，提醒运维人员采取相应的措施进行处理，避免故障的发生。

数据分析与统计功能：系统能够对历史数据进行深入分析和统计，如分析导线温度随时间、负荷变化的规律，统计线路故障发生的次数、类型和原因等，为制定合理的运维策略提供数据支持。

远程控制功能：运维人员可以通过监控中心远程控制安装在输电线上的一些设备，如智能开关、除冰装置等，实现对线路的远程操作和维护。

可视化展示功能：系统采用直观的图形化界面，将输电线路的运行状态以可视化的方式展示给运维人员，包括线路的地理位置、杆塔分布、导线走向，以及各项参数的实时数值和变化曲线等，使运维人员能够一目了然地了解线路的整体情况。

可靠性高：系统采用了冗余设计和多种通信方式备份，确保在各种复杂环境下都能够稳定运行，数据传输可靠。同时，传感器和设备均采用了高可靠性的产品，具有良好的抗干扰能力和防护性能。

4.3 应用效果

该高压输电线路状态监测系统投入运行后，取得了显著的应用效果。通过实时监测和故障预警功能，及时发现并处理了多起线路潜在故障隐患，有效避免了故障的发生，大大提高了输电线路的可靠性和安全性。例如，在一次强风天气中，系统及时监测到某段线路的风偏角度超过了安全阈值，并发出了预警信号。运维人员接到预警后，迅速采取措施，对该段线路进行了临时加固，避免了因风偏过大导致的线路短路事故。

此外，通过对历史数据的分析和统计，运维人员能够更加深入地了解线路的运行规律和薄弱环节，制定更加科学合理的运维计划和检修方案，从而降低了运维成本，提高了运维效率。据统计，该系统投入运行后，该地区高压输电线路的停电次数和停电时间明显减少，供

电可靠性得到了显著提升，为当地的经济发展和人民生活提供了有力的电力保障。

5 结论

电气工程及其自动化技术在高压输电线路状态监测中的应用，为保障高压输电线路的安全稳定运行提供了强有力的技术支持。通过传感器技术、数据采集与传输技术、数据分析与处理技术等多种技术的有机结合，实现了对高压输电线路导线温度、覆冰、风偏、振动等关键参数的实时监测、故障预警和数据分析，有效提高了输电线路的可靠性和安全性，降低了运维成本。

随着科技的不断进步和创新，电气工程及其自动化技术在高压输电线路状态监测领域将不断发展和完善。未来，有望出现更加智能化、高精度、低成本的监测技术和设备，进一步提高高压输电线路状态监测的水平和效率。同时，随着大数据、人工智能、物联网等新兴技术的不断融合应用，高压输电线路状态监测系统将能够实现更加全面、深入的数据分析和决策支持，为电力系统的智能化发展做出更大的贡献。

因此，电力行业应高度重视电气工程及其自动化技术在高压输电线路状态监测中的应用，加大技术研发和投入力度，积极推广和应用先进的监测技术和设备，不断提升高压输电线路的运维管理水平，确保电力系统的安全稳定运行，为社会经济的发展提供可靠的电力保障。

参考文献

- [1]武新伟.电气工程自动化技术与新能源开发的融合探索[J].仪器仪表用户,2025,32(07):141-142+145.
- [2]赵进.电力系统中电气工程及自动化技术的应用研究[J].仪器仪表用户,2025,32(07):41-43.
- [3]周霖仪.船舶电气自动化控制技术应用及国产化研究[J].船舶物资与市场,2025,33(06):113-116.DOI:10.19727/j.cnki.cbwzysc.2025.06.035.
- [4]王志雄.电气工程及其自动化技术下的电力系统自动化发展研究[J].自动化应用,2025,66(S1):160-162.DOI:10.19769/j.zdhy.2025.S1.054.
- [5]谢峭柏.电气工程中自动化技术研究[J].自动化应用,2025,66(S1):163-165.DOI:10.19769/j.zdhy.2025.S1.055.