

Research on Monitoring of Distributed Fiber Sensor in Foundation Settlement of Substation

Yuanpu Deng Yingjun Mao

Quzhou University, Quzhou, Zhejiang, 324000, China

Abstract

Substation is an important component of the State Grid of China, and its buildings and structures are prone to quality and safety issues during design and construction. Among them, the problems with substation buildings and equipment infrastructure are particularly prominent. The deformation and displacement generated by the infrastructure can easily cause equipment failures, affect the normal maintenance and use of the substation, and affect the safety of the entire power grid. Due to the fact that most substation projects are located in relatively remote locations, adverse geological conditions such as backfill, loess, and soft soil foundations are often encountered during site selection, which can cause settlement of the foundation. Foundation settlement can be divided into two types: uniform settlement and uneven settlement. Uniform settlement has little impact on substation equipment, while uneven settlement can cause equipment pipelines to fall off and break, leading to faults. The traditional level detection method has the drawbacks of low work efficiency, inability to monitor in real-time and remotely. This paper is based on the principle of distributed fiber optic sensors and discusses the feasibility of this sensor in real-time monitoring of substation foundation settlement. Based on the difficulties and problems in the monitoring process, the important significance of the application of distributed fiber optic sensors in substation foundation settlement monitoring is proposed.

Keywords

distributed optical fiber sensor; settlement monitoring; real-time monitoring; substation

分布式光纤传感器在变电站基础沉降中的监测研究

邓元普 毛英俊

衢州学院, 中国·浙江 衢州 324000

摘要

变电站是国家电网的重要组成部分,其建筑物、构筑物在设计、施工时容易出现质量问题,其中变电站建筑物、设备基础结构的问题尤为突出,基础结构产生的变形、位移容易引发设备故障、影响变电站正常维护使用以及整个电网的使用安全。由于变电站项目工程在选址时大多数会选择在较为偏远的地方,在选址时经常遇到不良地质条件,如回填土、黄土、软土地基,这些特殊土地基将引起地基的沉降。地基沉降分为均匀沉降和不均匀沉降两种,均匀沉降对变电设备影响不大,而不均匀沉降会造成设备管线脱落、断裂,引发故障。传统的水准检测法存在工作效率低、无法实时、远程监控的缺点。论文基于分布式光纤传感器的原理,论述了该传感器在变电站基础沉降实时监测中的可行性,并根据监测过程中存在的难点问题进行研究,提出了分布式光纤在变电站基础沉降监测应用的重要意义。

关键词

分布式光纤传感器; 沉降监测; 实时监测; 变电站

1 背景

变电站作为国家电网中的重要环节,在整个输变电闭环中起到关键的作用。

变电站中的建筑物、构筑物在设计、施工时容易出现质量问题,其中基础结构的问题尤为突出,其产生的变形、

位移容易引发设备故障、影响变电站正常维护使用以及整个电网的使用安全。此外,由于变电站项目工程在选址时大多数会选择在较为偏远的地方,在选址时经常遇到不良地质条件,如回填土、黄土、软土地基,这些特殊土地基将引起地基的沉降。地基沉降分为均匀沉降和不均匀沉降两种,均匀沉降对变电设备影响不大,而不均匀沉降会造成设备管线脱落、断裂,引发故障。如当变电站设备投入使用后,由于回填土没有压实,经过一段时间后很容易产生较大的下沉,导致路面开裂,基础沉降,从而引发变电站质量安全事故。

目前,对于变电站沉降的监测方法,现阶段多采用水准监测法,即在沉降现场安装多个监测桩,通过水准仪定期

【基金项目】浙江省大学生科技创新项目(项目编号:2021R435004)。

【作者简介】邓元普(2001-),男,布依族,中国贵州黔西人,本科,从事混凝土耐久性研究。

观察监测桩与基准点之间的高度差，从而对沉降量作出判断，但该监测方法依靠人工定期监测，工作效率低，且存在数据量小及精度较差等缺点，因此不能满足精准沉降监测。

近年来，随着分布式光纤技术（BOTDA）的发展，其在土木工程的应用也越来越广，该技术通过将分布式光纤埋入被监测结构，结构产生的变形和位移信息被光纤捕捉，根据光纤频率变化，识别结构的应变和温度变化信息。分布式光纤传感器相比于传统的电阻式传感器，具有不容易被腐蚀、耐久性好、抗干扰能力强等特点。基于该技术，将分布式光纤传感器和终端设备相连，开发相应的监测平台，可以实时监测结构的变形和位移信息，并实现预警。

2 分布式光纤传感技术原理

当光进入光纤，有一部分光会发生散射^[1]，也叫作布里渊散射。其散射光频率和入射光频率会存在差异，这个差异叫做布里渊频移，而光的频移和光纤所处的应力状态以及温度有关，也就是光纤发生变形，频移随即发生，变形和频移成正比关系，同时变形和温度以及应变有关（见图1）。

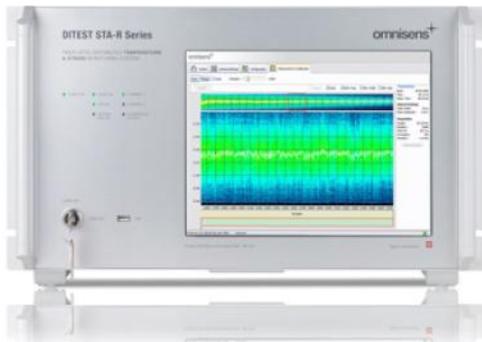
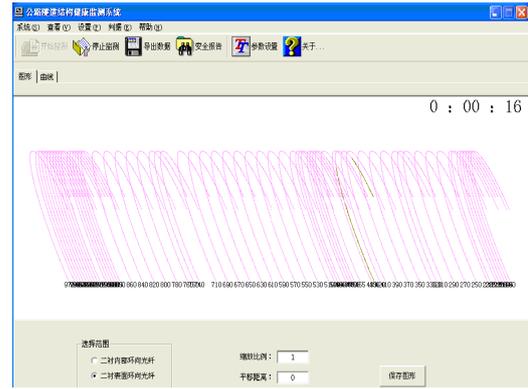


图1 BOTDA 分析仪

由于分布式光纤具有范围广的特点，解决了原有的点式传感器监测点容易遗漏的问题，此外由于大型工程内部环境复杂，普通的传感器埋入容易失效，而分布式光纤外包保护套以后耐久性能非常优异。因此分布式光纤传感器应用于土木工程领域范围也越来越广，目前主要应用于坝坝^[2]、边坡^[3]、隧道（见图2）桥梁^[4]等工程领域，但是应用在变电站领域的研究较为少见。



(a) 分布式光纤应用于隧道工程监测



(b) 分布式监测数据

图2 隧道

3 研究内容及关键技术

3.1 研究内容

研究内容主要包括 BOTDA 分布式光纤传感器的研发和布设组网、labview 软件研发、远程监测平台开发等内容（见图3）。



图3 监测系统示意图

3.1.1 基于 BOTDA 分布式光纤传感器的研发和布设组网

根据变电站现场实际情况，研制数据实时、结果准确、持续时间长的分布式光纤传感器，并合理布设数据传输网络，实现终端数据的有效采集。

3.1.2 数据采集和预警

除了采集日常监测数据时，同时实现恶劣环境下，如台风、暴风雨侵袭时结构的沉降变形情况，以及在沉降过快、过大时，及时进行预警。

3.1.3 基于 labview 的软件研发

由于 BOTDA 分析仪在采集数据时分布式的特点，在大型项目中需要埋设的光纤较长，因此每个测量点根据测量频率产生的数据量非常大。传统的分析仪并不能有效地对采集的数据进行分析和智能预警，因此需要编写程序对所有数据进行筛选和提取，并准确捕捉温度补偿段和有效监测段。基于 labview 语言的软件研发可解决该问题，编写的软件通过简洁的界面给监测人员提供实时和有效的数据，根据优化后的数据，可实现项目的实时全面的监测目的。

3.1.4 远程传输网络

在 BOTDA 采集数据, labview 处理数据后, 该数据通过网络传输, 到达远程终端设备, 供给监测技术人员和项目管理人员参考, 实现远程实时监测。

3.2 关键技术

分布式光纤在变电站基础监测中应解决的关键技术在于:

①传感器技术方面: 光纤光栅传感器的研制, 针对现场不同的地形、环境条件, 需要研制不同适用方式的传感器, 其布设方法除了需要保证数据监测的准确性和连续性, 还需要考虑到现场的成品保护、电磁干扰等问题。

②基于 labview 的软件开发: 在 BOTDA 技术应用于土木工程项目时, 根据结构不同形式需要组建不同网络, 因此监测时持续时间长、监测数据量大、监测段多等特点, 监测仪器本身不具备对大批量数据的智能识别和处理。因此需要研发相关软件, 对采集的大规模数据进行分析, 别提取有效数据供给技术人员参考, 为最后的全面监测和预警功能提供依据。

③远程传输: BOTDA 分析仪和编译软件处理后的数据需要经过网络进行传输, 而变电站所处的偏远位置, 其环境条件和地质条件将会影响数据传输, 因此需要综合考虑组网

方式、传输方式, 保证数据传输的有效性和实时性。

4 结论

论文论述了分布式光纤在变电站基础沉降监测中的应用可行性, 采取该技术, 有如下重要意义:

①全面推广应用基于光纤光栅传感技术的变电站沉降变形智能监测系统, 实现远程实时监测, 扩大监测数据量, 提高监测精度。

②借助智能监测系统, 监测数据在远程终端实时显示, 当变电站遭遇恶劣环境(如台风、暴风雨)时, 可以一键观测, 减少电力运维工作人员工作量。

③当监测对象发生沉降量速度过快、沉降量过大时, 第一时间远程预警, 争取抢修时间, 保证民生安全。

参考文献

- [1] 余丽苹. 布里渊散射分布式光纤传感器技术研究[D]. 成都: 电子科技大学.
- [2] 俞志勇, 李青. 基于 BOTDA 的堤坝健康监控的研究[J]. 计算机测量与控制, 2016(6): 41-43+48.
- [3] 鲁洪强. 基于 BOTDA 的岩质边坡锚杆变形规律分析[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2017(30): 36.
- [4] 刘少聪, 李汉彬, 王磊. BOTDA 技术在大跨度桥梁监测中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2013, 10(2): 4.