

JIYU GPS/GIS JISHU DE SHUDIANXIANLU

YUNXING JIANXIU GUANLI XITONG JIANSHE

基于 GPS/GIS 技术的输电线路 运行检修管理系统建设

姚楠 周桥 主编

TM726-39



黄河水利出版社

基于 GPS/GIS 技术的输电线路 运行检修管理系统建设

姚楠 周桥 主编

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书介绍了输电线路运行检修地理信息系统(GIS)建设及应用的经验和体会,收集了当前有关基于GPS、GIS的电网生产管理系统的最新资料,描述了电力设备在线监测和故障诊断的基本知识与原理,全面阐述了地理信息系统和全球定位系统的结构、功能、特点及其在电力行业中的应用。

本书主要包括输电线路运行与检修基本规范、信息技术在输电线路运行与检修中的应用、地理信息系统、全球定位系统、GPS/GIS/MIS的集成与应用、线路巡检GIS工程的分析设计与实施等内容,最后给出了基于GIS的南阳等地输电线路巡检一体化生产管理系统的案例。

本书可供各级电力公司的管理人员,电力生产建设与管理部门的工作人员,其他相关信息系统工程设计、建设单位和公司的决策人员阅读使用,也可作为电力行业工程技术人员及大中专院校相关专业师生的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

基于GPS/GIS技术的输电线路运行检修管理系统建设/

姚楠,周桥主编. —郑州:黄河水利出版社,2010.4

ISBN 978-7-80734-807-8

I. ①基… II. ①姚… ②周… III. ①全球定位系统(GPS)-应用-输电线路-电力系统运行②全球定位系统(GPS)-应用-输电线路-维护③地理信息系统-应用-输电线路-电力系统运行④地理信息系统-应用-输电线路-维护 IV. ①TM726-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第047790号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:9.25

字数:210千字

版次:2010年4月第1版

定价:27.00元

印数:1—1 000

印次:2010年4月第1次印刷

《基于 GPS/GIS 技术的输电线路运行检修管理系统建设》

编委会

主任:王 波

副主任:李望北 姚 楠 周 桥

编 委:王广俊 公茂玉 吴美新 刘春雷 李吉浩 源忠诚

编写人员

主 编:姚 楠 周 桥

副 主 编:李望北 公茂玉

参编人员:华大鹏 汪 涛 王 欢 马建坡 窦 刚

宋留勇 李东敏

前 言

电力行业是国民经济的重要基础,是国家经济发展战略中的重点和先行产业,它的发展是社会进步和人民生活水平不断提高的需要。改革开放 30 多年来,中国电力工业发展迅速,在电源建设、电网建设、电源结构等方面均取得了令世人瞩目的成就,已开始步入“大电网、大电厂、高电压、高自动化”的新阶段。

中国电力企业多年的实践和探索证明, GIS 是电力企业信息化建设的重要技术手段之一,尤其在供电企业的生产管理中能够发挥重要作用。针对供电企业的生产管理而言,电网信息是一切的基础,而 GIS 系统能够很好地描述电网空间、属性、拓扑、运行信息,是其他信息系统难以实现的。卫星导航定位技术在中国经过 10 年左右的发展历程,其应用领域已十分广泛,传统测量应用及其他相关应用已渗透到许多崭新的行业。现实的应用已经使卫星导航定位技术逐渐成为继通信、互联网之后的第三个 IT 新增长点。电力行业自引进 GPS 以来,已经完成火力发电厂输电线路、微波通信和水源地等工程测量 30 余项,取得了较好的社会效益、经济效益和环境效益。GPS 系统的高精度、高可靠性及全球无偿共享性,引起了国内外许多电力研究部门及专家的极大兴趣和关注,并投入大量的资金和人力,致力于 GPS 在电力系统的应用研究,短短几年内取得了很大的成果。

编者总结多年在电力系统信息化建设过程中的研究实践,综合分析最新研究成果,并对现有电力巡检系统进行了比较分析,力图以输电线路运行与检修基本规范为基点,从 GPS、GIS、MIS 的基本原理及其集成, GIS 工程的分析设计与实施和生产管理系统的案例等多个方面着力论述新兴的地理信息技术在线路巡检中应用的基本方法、关键技术及其实现过程。全书共 7 章。第 1 章是对输电线路运行与检修基本规范的概述;第 2 章论述了现在主要的信息技术在输电线路运行与检修中的应用;第 3、4、5 章从地理信息的获取和管理及其在电力行业的应用角度,介绍了地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)、GPS/GIS/MIS 集成的基本原理及专业知识;第 6、7 章是本书的核心内容,着重从线路巡检 GIS 工程的分析设计与实施的基本原理、方法和案例方面论述建立实用的线路巡检 GIS 所覆盖的关键技术与实现过程。

全书以“输电线路运行检修规范—地理信息技术的原理与应用—多种技术集成方法—技术实现与案例”为线索,深入浅出,内容上力求“新、广、易”。因此,本书可供各级电力公司的管理人员,电力生产建设与管理部门的工作人员,行业协会,各级信息系统工程设计、建设单位和公司的决策人员阅读使用,也可作为电力行业工程技术人员及大中专院校相关专业师生的参考读物。

本书的完成,得到了许多同行的关怀和支持,在这里表示衷心的感谢。

由于编者水平和时间所限,书中错误在所难免,希望读者不吝指正。

编 者

2009 年 12 月

目 录

前 言

第 1 章 输电线路运行与检修基本规范	(1)
1.1 线路各元件的运行要求	(1)
1.2 线路的巡视和运行中的测试	(2)
1.3 线路的检修	(3)
1.4 带电作业	(5)
参考文献	(6)
第 2 章 信息技术在输电线路运行与检修中的应用	(7)
2.1 电力系统在线监测技术与状态监测	(7)
2.2 对在线监测技术发展的建议	(10)
2.3 3S 技术及其应用	(11)
参考文献	(19)
第 3 章 地理信息系统	(20)
3.1 概 述	(20)
3.2 地理空间数据库的组织和管理	(28)
3.3 地理信息系统的企业化及其问题	(36)
3.4 常用 GIS 工具软件平台	(45)
参考文献	(52)
第 4 章 全球定位系统	(54)
4.1 全球定位技术的发展及特点	(54)
4.2 GPS 组成	(55)
4.3 其他卫星定位系统	(57)
参考文献	(62)
第 5 章 GPS/GIS/MIS 的集成与应用	(63)
5.1 GPS/GIS 的集成与应用	(63)
5.2 GPS 与电子成图	(66)
5.3 地理信息系统与管理信息系统	(75)
5.4 GPS/GIS/MIS 在电力系统中的应用	(81)
参考文献	(85)
第 6 章 线路巡检 GIS 工程的分析、设计与实施	(86)
6.1 输电线路巡检 GIS 开发策略	(86)
6.2 输电线路巡检 GIS 开发技术	(87)
6.3 电力 GIS 工程建设	(90)

参考文献	(120)
第7章 输电线路巡检 GIS 的应用案例分析	(122)
7.1 基于 3S 的智能巡检系统	(122)
7.2 基于 GIS 与无线视频的电力生产现场安全监督系统	(124)
7.3 基于 GIS 的输电线路巡检系统设计与开发实例	(128)

第 1 章 输电线路运行与检修基本规范

1.1 线路各元件的运行要求

架空输电线路的组成元件主要有杆塔基础、杆塔、金具、绝缘子、导线、避雷线和接地装置。输电线路由于长期置于露天运行,线路的各元件除受正常的电气负荷和机械荷载作用外,还受到风、雨、冰、雪、大气污染、雷电等自然灾害和人为条件的作用,因此线路各元件应有足够的机械和电气强度。

1. 杆塔基础

建筑在土壤里的杆塔地下(少数在地上,如灌注桩基础)部分叫做杆塔基础,分为电杆基础和铁塔基础,其型式应根据杆塔型式,沿线地形、地质、水文以及施工、运输等条件进行综合考虑。杆塔基础按其受力情况可分为下压、上拔和抗倾覆三大类。

运行中的杆塔基础,其作用是防止杆塔因风、冰、断线等外部的水平荷重、垂直荷重、断线张力等作用而产生倾斜、下沉甚至倾倒等现象。

2. 杆塔

杆塔用来支持导线和避雷线及其附件,并在各种气象条件下保证导线、避雷线、杆塔之间,以及导线和地面、交叉跨越物及其他建筑物之间保持一定的安全距离。

杆塔按其作用及受力可分为承力杆塔和直线杆塔两种。运行中的承力杆塔应承受线路分段及断线后的张力,并控制事故范围。直线杆塔应能够支持线路垂直和水平荷载并具有一定的顺线路方向之间的支持力。

3. 金具

线路的金具主要分为线夹、连接金具、接续金具、保护金具四类。

线路金具除需要承受导线、地线和绝缘子等自身的荷载外,还需承受覆冰和风的荷载。所以,运行中的线路金具应有足够的机械强度,还应具有良好的电气性能和防腐能力。

4. 绝缘子

绝缘子作为线路绝缘的主要元件,是用来支承和悬挂导线并使之与杆塔绝缘的。运行中的绝缘子除能够承受导线的全部荷载外,还应具有良好的绝缘性能,满足电气绝缘需要。

5. 导线、避雷线

导线的主要作用是传导电流、输送电能。运行中的导线要具有良好的导电性能和足够的机械强度,具有一定的耐震性和抗腐蚀性。避雷线一般采用镀锌钢绞线,其主要作用是保护导线免受雷击。运行中的避雷线也要有足够的机械强度,具有一定的耐震性和抗腐蚀性。

6. 接地装置

接地装置是架空输电线路避雷线经杆塔、接地线与接地体相连接的整体。运行中的接地装置应接触良好,接地电阻满足设计要求,雷击时有效地泄放雷电流,降低杆顶电位,降低雷电压的幅值。

1.2 线路的巡视和运行中的测试

线路巡视的目的是通过巡视与检查,从而掌握线路运行状况及周围环境的变化,及时消除缺陷,预防事故发生,并确定线路检修内容,保证线路安全运行。

巡视种类包括定期巡视、特殊性及夜间巡视、故障巡视、监察性巡视和预防性检查。

巡视主要记录有巡视记录,事故(障碍)及异常运行(线路跳闸)记录,线路交叉跨越记录,绝缘子检查及测试记录,导(地)线接头位置记录,导线接头测量记录,导(地)线弧垂测量记录,杆塔接地电阻测量记录,线路防腐(刷漆)记录,杆塔倾斜变形记录,混凝土电杆缺陷检查记录,拉线棒、接地装置锈蚀检查记录,雷电活动记录,OPGW 巡视检查记录和电力电缆检查巡视测试记录等。

巡视建立的主要图表包括输电线路单线系统图(注明主要技术参数)、输电线路地理平面图(注明主要村镇、河流、公路、铁路、交叉跨越、分界杆塔号等)、相位图、污秽等级分布图、特殊地段分布图(雷击、鸟害、污秽、滑坡、冲刷、沉陷、覆冰、舞动等)、巡线和检修道路图(分正常天气和雨雪天气)、缺陷管理流程图,输电线路预防性检查试验一览表、输电线路定级评定表和输电线路设备一览表并附有其主要特性等。

架空电力线路的巡线周期一般遵循的规律如表 1-1 所示。

表 1-1 架空电力线路的巡线周期表

序号	名称	周期	备注
1	定期巡视	每月一次 (全年不少于 10 次)	根据线路环境、设备情况及季节性变化,必要时可增加次数
2	夜间巡视	不予规定	公司主管领导或输电工区主任根据情况定
3	故障巡视	不予规定	根据值班调度或上级命令
4	监察性巡视:①线路专责技术人员对其所负责的各段线路的巡视;②公司领导、生产技术部、安监部和工区领导人员的抽查	每年至少一次	应在雷雨季节或高峰负荷前以及其他必要时间进行

运行中的测试项目主要包括:瓷绝缘子测试、复合绝缘子测试、接地电阻测量、瓷绝缘子 ESDD(等值盐密)和 NSDD(灰密)的测量、导线接头温度测量和导地线以及电力线路各种限距的测量等。架空输电线路预防性测试周期如表 1-2 所示。

表 1-2 架空输电线路预防性测试周期

项目		周期	备注
绝缘子	瓷绝缘子绝缘测试	每 2 年一次	投运第一年开始
	“状态检修”线路的瓷绝缘子电压分布测量	每 2 年一次	
	绝缘子盐密、灰密测量	每年一次	根据实际情况选点测量
	复合绝缘子测试	每 2 ~ 3 年一次	根据实际情况选点测量
导线、避雷线	导线、避雷线振动测量及舞动观测		根据振动情况在舞动时进行观测
	导线接头、线夹温度测量		根据负荷及季节情况选点测量
	绝缘避雷线感应电压测量		投运后普测,以后适时抽测
其他	杆塔接地电阻测量: (1)一般线段; (2)发电厂变电所进线(1 ~ 2 km)段及特殊接地点	每 5 年一次 每 2 年至少一次	雷雨季来临前进行

1.3 线路的检修

为维持输电线路及附属设备的安全运行和必需的供电可靠性而进行的工作称为线路的检修。检修工作必须牢固树立“安全第一,质量第一”的思想,实行“应修必修,修必修好”的方针。要充分利用科技进步手段,掌握线路运行状态,逐步实现计划检修向状态检修的转变,不断提高设备完好率。

在检修工作中要大力开展技术革新和全面质量管理,积极采用新技术,不断总结经验,改进工艺,提高质量,缩短工期,积极开展带电作业,提高设备供电可靠性。

输电线路的检修一般分为维修、大修、技术改造和事故抢修四类。

1. 线路的维修

为维持输电线路及附属设备的安全运行和必需的供电可靠性而进行的检修工作称为维修。主要有以下内容:

- (1)杆塔和拉线基础的培土;
- (2)修理巡线道路,砍伐影响线路安全运行的树木等;
- (3)补装螺栓、脚钉、塔材;
- (4)拉线调整,涂刷设备标志,紧固螺栓;
- (5)清除杆塔异物等。

2. 线路的大修

为了提高设备的健康水平,恢复输电线路及附属设备达到原设计性能而进行的检修

称为线路的大修。线路大修一般每年一次,随着状态检修的深入开展,线路的大修周期根据设备的状态可适当延长。线路大修主要有以下内容:

- (1)更换或补强杆塔;
- (2)更换或补修导地线和调整弧垂;
- (3)清扫表面污秽,更换或调整绝缘子爬距;
- (4)杆塔基础加固、改装接地装置;
- (5)更换或加装防震装置;
- (6)杆塔的防腐刷漆以及处理线路的交跨。

3. 线路的技术改造

线路的技术改造是为了提高输电线路的供电能力,改善系统接线而进行的改造工作。

线路的技术改造与大修工作的区别在于:大修一般仅处理缺陷,而不改变原设备的规格和技术参数,不增加新设备。技术改造工作不仅处理缺陷,还可能要改变原设备的规格和技术参数,或者增加新设备。

4. 线路的事故抢修

地震、洪水、冰雹、暴风等自然灾害以及外力破坏,造成线路杆塔倾斜、倒塌,导地线混线、断线,金具、绝缘子脱落等停电事故,由此而进行的工作称为线路的事故抢修。事故抢修具有突发性、不可预见性、工作难度大等特点,需要在平时工作中未雨绸缪,编制详细预案,做到有备无患。

应在每年的第三季度依据规程规定和运行资料编制下一年的线路检修计划,得到上级批准后进行现场勘察、工具材料准备、组织施工以及竣工验收等工作。线路检修的主要项目及周期如表 1-3 所示。

表 1-3 线路检修的主要项目及周期

序号	项目	周期	备注
1	登杆检修	2 年	投运第一年开始
2	紧固杆塔各部螺栓	5 年	投运第一年开始
3	更换或补装杆塔构件		根据巡视结果进行
4	混凝土杆内排水、修补防冰装置	1 年	根据季节和巡视结果适时进行
5	杆塔铁件防腐	3~5 年	根据铁件锈蚀情况进行
6	杆塔倾斜扶正		根据测量、巡视结果进行
7	金属基础、拉线棒防腐		根据检查结果进行
8	调整、更新拉线及金具		根据巡视结果进行
9	混凝土杆及混凝土构件修补		根据巡视结果进行
10	绝缘子清扫	一般 1 年	根据污秽情况、反污措施、运行经验调整周期
11	更换绝缘子		根据巡视和测试结果适时进行

续表 1-3

序号	项目	周期	备注
12	绝缘子表面涂防污剂		根据需要适时进行
13	更换导线、避雷线及金具		根据巡视和测试结果进行
14	导线和避雷线损伤补修		根据巡视结果进行
15	调整导线、避雷线弧垂		根据巡视、测量结果进行
16	处理不合理交叉跨越		根据测量结果进行
17	并沟线夹、引流板检修		根据巡视和测试结果进行
18	间隔棒更换、检修		根据检查或巡视结果进行
19	防振器和防舞动装置维修		根据巡视或观测情况适时进行
20	接地装置和防雷设施维修	1 年	根据巡视和测试结果进行
21	砍伐修剪树竹	最长 1 年	根据巡视结果进行
22	修补防汛设施	1 年	根据巡视结果适时进行
23	修补巡线道桥	1 年	根据现场需要适时进行
24	修补防鸟设施和拆巢		根据需要适时进行
25	补刷路名、杆号、相位等标志		及时进行

1.4 带电作业

带电作业系指在高压电气设备上进行不停电检修、部件更换或测试的作业。它对保证电网安全运行,提高电网经济效益和供电可靠性具有非常重大的意义,是送电线路状态检修的一项重要手段。

1. 带电作业基本方法

带电作业基本方法如下:

(1)间接作业法(地电位作业法)。人体与接地体基本上处于同一电位(零电位)时,利用绝缘工具对带电体进行作业。

(2)中间电位作业法。人体通过绝缘体与接地体绝缘,利用绝缘工具对带电体作业。

(3)等电位作业法。人体穿着合格的屏蔽服通过绝缘工具进入强电场,人体与带电体处于同一电位作业。

等电位作业人员进入强电场的方法如下:

(1)软梯进入强电场法;

(2)硬梯进入强电场法;

(3)绝缘斗臂车进入强电场法;

(4)沿绝缘子串进入强电场法(适用于 220 kV 以上电压等级)。

2. 带电作业的主要项目

带电作业的主要项目如下:

- (1)带电检测 35 kV 及以上电压等级输电线路劣化绝缘子;
- (2)带电更换(复位)导线防震锤;
- (3)带电更换导线间隔棒;
- (4)带电更换 220 kV 耐张双串绝缘子;
- (5)带电更换 220 kV 耐张单串绝缘子;
- (6)带电更换 220 kV 直线整串绝缘子;
- (7)带电更换 110 kV 耐张单串绝缘子;
- (8)带电更换 110 kV 直线整串绝缘子;
- (9)带电修补导线;
- (10)带电断、接空载线路引线。

带电作业的主要参数见表 1-4 ~ 表 1-12。

表 1-4 最小组合间隙

电压等级(kV)	110	220
组合间隙(m)	1.2	2.1

表 1-6 人体裸露部分与带电体的最小距离

电压等级(kV)	110	220
距离(m)	0.3	0.3

表 1-8 绝缘臂的最小有效绝缘长度

电压等级(kV)	110	220
长度(m)	2.0	3.0

表 1-10 绝缘子最小片数

电压等级(kV)	110		220	
每串绝缘子数(片)	7	8	13	14
每串良好绝缘子数(片)	5	5	9	9

表 1-5 杆上作业人员对带电体的安全距离

电压等级(kV)	110	220
距离(m)	1.0	1.8

表 1-7 等电位作业人员与邻相导线最小距离

电压等级(kV)	110	220
距离(m)	1.4	2.5

表 1-9 使用消弧绳断、接空载线路的最大长度

电压等级(kV)	110	220
长度(km)	10	3

表 1-11 带电体与被交跨物的垂直或水平最小距离

电压等级(kV)	110	220
最小距离(m)	3	4

表 1-12 绝缘绳索、操作杆及绝缘拉板最小有效绝缘长度

电压等级(kV)	110	220
绝缘操作杆(m)	1.3	2.1
绝缘承力工具及绝缘绳索(m)	1.0	1.8

参考文献

[1] 张国宝. 中国电力工业发展与展望[R]. 上海: 第 15 届亚太电协大会, 2004.

第2章 信息技术在输电线路运行与检修中的应用

2.1 电力系统在线监测技术与状态监测

2.1.1 电力系统在线监测技术现状分析

电力系统是一个由众多发、送、输、配、用电设备连接而成的大系统,这些设备的可靠性及运行状况直接决定整个系统的稳定和安全,也决定着供电质量和供电可靠性。检修是保证电力设备健康运行的必要手段,它关系到设备的利用率、事故率、使用寿命,以及人力、物力、财力的消耗和电力企业的整体效益等诸多问题。随着电网建设的加速和市场经济的推进,电力企业为避免由定期预防性试验及定期检修对设备检修“过度”或“漏失”而引起的运行可靠性降低和经济损失,迫切需要以输变电设备状态在线监测与诊断技术为基础的状态维修,以预防和减少事故的发生,提高电力系统的安全性、可靠性、稳定性。

美国最早开展以在线监测为基础的状态检修工作,日本也从20世纪80年代开始对电力设备实施以状态分析和在线监测为基础的状态检修,而欧洲很多国家也采用状态检修来提高检修效率。国外统计资料表明,在实施状态检修后,一般可使设备大修周期从3~5年延长到6~8年,甚至10年,并且1.5~2年即可收回实施状态检修所增加的投资。应该说,国外在状态检修技术研究与实践应用方面都已取得了显著成绩。美国电力研究院诊断检修中心的统计表明,实施状态检修提高设备利用率在5%以上,节约检修费用25%~30%。我国开展状态检修起步较晚,水电部1987年颁布的《发电厂检修规程》(SD 230—1987)指出,应用诊断技术进行预知维修是设备检修的发展方向。应该说,状态检修在国内还是取得了一定的进展。由于输电线路在线监测技术的制约,期望加强现有模式下的离线监测手段来推动状态监测实施,但还是存在诸多问题。

我国开展电力设备在线监测技术的开发应用已有20多年了,对提高电力设备的运行维护水平,及时发现事故隐患,减少停电事故的发生起到了积极作用。

我国从20世纪50年代开始,几十年来一直是根据电力设备预防性试验规程的规定,对电力设备进行定期的停电试验、检修和维护。定期试验不能及时发现设备内部的故障隐患,而且停电试验施加低于运行电压的试验电压,对某些缺陷反应不够灵敏。

随着电力系统朝着高电压、大容量的方向发展,如何保证电力设备的安全运行就更为重要,一旦发生停电事故,将给生产和生活带来巨大的损失和影响。因此,迫切需要对电力设备运行状态进行实时或定时的在线监测,及时反映电力设备如绝缘等的劣化程度,以便采取预防措施,避免停电事故发生。

进入20世纪80年代,特别是近10多年来,在线监测技术发展很快,绝大多数变电站

设备及发电机、电缆、线路绝缘子等都有在线监测的项目。随着电子技术的进步,传感器技术、光纤技术、计算机技术、信息处理技术的发展和向各领域的渗透,系统的监控技术中广泛应用了这些先进的科研成果,使在线监测技术逐步走向实用化阶段。与预防性试验相比,在线监测系统采用高灵敏度的传感器采集运行中设备绝缘劣化的信息,信息量的处理和识别依赖于有丰富软件支持的计算机网络,不仅可以把某些预试项目在线化,而且引进了一些新的更真实反映设备运行状态的特征量,从而实现对设备运行状态的综合诊断,促进电力设备向状态检修过渡的进程。

2.1.2 在线监测与状态监测的关系

目前,很多人存在一个认识误区,认为在线监测就是状态监测,其实在线监测并不等同于状态监测,更不是状态检修。在线监测是通过在线监测装置(各种在线监测技术),在不影响运行设备的前提下实时获取设备的状态信息,它是状态监测的重要信息来源。目前状态监测包括在线监测、必要时的离线检测及试验,以及不与运行设备直接接触的全球定位系统(Global Positioning System, GPS)巡检、红外监测等所有可得到运行状态数据的几种监测手段。

状态检修从理论上讲是比预防检修层次更高的检修体制。状态检修是基于设备的实际工况,根据其在运行电压下各种绝缘特性参数的变化,通过分析、比较来确定电气设备是否需要检修,以及需要检修的项目和内容,具有极强的针对性和实时性。因此,可以简单地把状态检修概括为“当修即修,不做无为检修”。目前,大多认为状态检修主要包含状态监测、状态分析与故障诊断、检修决策等3个单元,其相互之间协调和修正,但状态检修技术随着在线监测技术的不断发展而逐渐实用化。与状态分析密切相关、能直接提高状态检修工作质量的理论和技术主要包括4个方面的内容,即线路检修监测、设备寿命管理与预测技术、设备可靠性分析技术、专家系统。

但目前输电线路状态维修还不能仅完全依赖在线监测的结果,其原因主要有:一是在线监测系统本身还处于研发及试运行阶段;二是在线诊断的专家系统还处于不断完善的过程;三是设备老化及寿命预测的研究还处于初期阶段;四是在线监测系统的技术标准、诊断导则以及专家系统的智能化程度尚有一个形成及发展过程。目前及相当长的一个时期内,需要系统而深入地不断总结和分析设备状态诊断所积累的大量诊断数据,制定出各种设备、各种自然灾害的诊断标准和使用导则,经过若干年的实践与修订后,再与在线监测结果进行全面的分析对比,才可能进入真正的设备状态在线诊断新阶段。这个漫长过程还需要多少时间,关键取决于在线监测系统的稳定性、精确灵敏度、智能程度及满足工程需要的工艺水平。尽管人们对输变电设备状态在线监测与诊断技术因种种原因而持不同的态度,但就像电力系统综合自动化技术一样,它终将成为提高电力行业技术管理水平和大幅度提高电网安全运行水平的高度智能化的第一道防御系统的关键技术之一。

2.1.3 我国在线监测技术基本应用情况

根据全国各省、市、自治区电力局,电力试验研究所,科研单位和供电局等提供的变电站、输电线路等装有各种在线监测系统或装置的运行情况,归纳出以下几点。

1. 在线监测采用的形式多种多样

变电站装有集中型在线监测系统、分散型在线监测装置以及只监测某一参量的仪器,如避雷器泄漏电流监测装置、变压器的局部放电监测装置、变压器油色谱监测装置、少油开关的泄漏电流监测装置及发电机放电监测装置等。高压输电线路上面安装的有瓷质绝缘子的泄露电流的监测装置、覆冰厚度监测装置等。

2. 监测系统的正常运行率

集中型监测系统一次投入费用较高,因此人们更加关注其投入运行后的工作状况。在有记录的系统中,基本运行正常的占 30% 左右,已不能正常使用或处于瘫痪状态的占 36%。使用单位反映的意见主要集中在以下几点:

- (1) 介损测量不够准确,稳定性、重复性较差,测量误差较大;
- (2) 信号采集部分故障,如传感器失效、破损,电压信号畸变;
- (3) 测量系统抗干扰性能差,抗温度、湿度变化的能力差;
- (4) 数据传输与处理部分故障,数据丢失。

安装分散型的监测装置的变电站及输电线路,运行正常的占 90%。

在线监测系统应用情况表明,它对及时发现电力设备绝缘缺陷,保证设备安全运行起到良好作用。10 多年来,已经对各种电力设备的在线监测技术进行了研究和开发,特别是对电容型设备的 $\tan\delta$ 、 ΔC 、 ΔI 的监测,避雷器泄漏电流的监测技术的开发和应用,已经取得了很大成绩。目前已开发了集中型、分散型和便携式装置,也实时发现了一些被试设备绝缘受潮,并及时采取措施加以防范,避免了更大停电事故的发生,保证了电力系统的安全运行,取得了一定的社会效益和经济效益。一些监测项目如 $\tan\delta$ 的测量和避雷器泄漏电流测量等还提出了在线监测的参考标准。

一方面,在线监测技术的开发,推动了电力设备运行维护水平的提高,减小了维护人员的劳动强度,部分设备根据监测结果确定停电检修周期,为从预防性试验向状态检修方向过渡积累了经验。另一方面,由于引进了先进的电子技术、信息处理技术,在线监测技术更具有先进性、实用性,推进了电力设备绝缘监督方法的革新。

在线监测技术的开发和应用,提高了运行管理的智能化程度,加快了设备运行状态的信息反馈,缩短了故障判断和处理时间,提高了工作效率,减少了因停电造成的经济损失,并为实现无人值班变电站创造了条件。

在线监测技术在实际应用过程中也存在一些问题,主要表现如下:

在线监测工作缺乏统一的管理。目前,开发和生产在线监测系统的单位很多,投放市场的产品也很多,但产品没有经过严格的检验和考核。这几年运行的情况表明,产品质量已经暴露出问题,一些单位缺乏应有的技术力量,系统安装后缺乏维护,管理工作没有跟上来,造成部分系统一投入运行工作就不正常。在线监测系统作为一种特殊商品提供,应如何规范市场,制定相关的检验条例,保证产品质量等已经提到日程上来。

监测系统本身运行可靠性欠佳。对集中型在线监测系统运行情况的调查表明,属正常或比较正常的只占 29.8%,而确定不能正常使用的系统约占 35%。意见主要集中在装置本身的质量问题上,如元件性能不稳定,失效或破损;装置的抗干扰性能较差,抗外界因素如温度、湿度变化的能力差;装置整体运行可靠性差,测量数据不稳定,起不到监测设备

绝缘状况的作用。

一些供货单位缺乏严格的工作作风,对保证监测系统的质量缺乏应有的监督机制,售后服务没有跟上去,不能及时排除故障,造成系统瘫痪或不能正常运作。

运行人员缺乏一定的操作、管理水平也是造成装置不能正常运行的原因。如系统电源掉电或插头松脱,运行人员没有及时恢复;系统得不到应有的维护,使得本来很容易解决的问题复杂化。

在线监测系统的功能需进一步完善和提高。经过几年的应用,已经暴露出一些监测系统设计有问题,需要从技术上并结合在线监测的特点综合考虑进一步提高稳定性、准确性,保证传感器的自身质量及现场测量中的可靠性,这样才能提高在线监测的效果。

2.2 对在线监测技术发展的建议

1. 加强对在线监测工作的协调、管理,使在线监测技术的开发和应用能健康发展

目前,在线监测工作发展很快,应用面很宽,如何加强产品质量的监督,加强功能和性能的检验、现场安装、设计的规范化以及制定相应的验收规程、运行管理规程等都是急需解决的问题。建议有关管理部门进行该项工作的协调,提供一个综合评估监测系统质量的机会,包括装置的技术性、可靠性、先进性以及各单位的技术力量、技术水平、售后服务等方面的智能综合评价。

2. 进一步提高和完善已开发的监测技术的性能

从所暴露的问题看,属于监测系统本身的质量问题主要是测量结果不稳定、系统抗干扰能力差等,这些技术难点尚待解决。应该说,经过十几年的攻关,介损测量和阻性电流测量技术是比较成熟的,与国外的研究水平相接轨。当前,一方面应集中解决传感元件自身的性能包括线性问题和提高信号采集、传递过程中的抗干扰性能,提高测量稳定性和可靠性。另一方面,还要进一步提高工艺水平,提高产品各部件的可靠性。

3. 在线监测技术的开发应有科研作基础

应充分发挥科研单位、大专院校的科技力量,集中攻关一些技术难题,拓宽监测系统功能,国家电力公司应鼓励和扶持科研创新、新技术的开发和研究工作。应对关键设备如电力变压器和气体绝缘组合电器的在线监测技术重点攻关。开发电力变压器综合型监测系统,该系统应包含各种能反映故障性质的主要特征参数,如局部放电、色谱、温升等,提高综合分析判断能力。重点加强局部放电监测方法中的抗干扰问题的研究。吸收或引进先进国家的科研成果,如对数据的处理技术等,可以加快我们的步伐,达到减少变压器的停电事故,减少维护检修工作量,实现状态检测的目的。气体绝缘组合电器的在线监测技术是当前世界各国研究的主要目标,焦点是监测各种有害的放电,应投入科技力量攻关。还可以采用引进消化先进技术的方法,加快实用化进程。

4. 加强基础研究工作

研究监测参数及其变化与被测设备绝缘老化的关系,总结出规律性的东西,反过来指导在线监测工作,这样才能提高在线监测系统的可信度和判断准确性。目前,我国在线监测仍停留在只提供监测数据的水平上,而对于这些参量的变化与设备绝缘的劣化程度的