



电力监测与故障诊断技术全书

(一) GIS、开关卷

(上)

国家电网公司武汉高压研究所

二〇〇五年九月

输变电设备状态在线监测与诊断技术的现状与前景

孙才新

(重庆大学高电压与电工新技术教育部重点实验室/
输变电安全科学与电工新技术重庆市重点实验室, 重庆 400044)

摘要:在综合分析国内外对输变电设备状态在线监测与诊断技术的研究及开发应用现状的基础上,着重概括了当前普遍存在的一些共性问题;通过对输变电设备状态在线监测与诊断技术原理及方法和亟待解决的技术问题的分析,提出了集成分布式在线监测与诊断系统,输变电设备健康状态在线评估与剩余寿命在线预测的原理方案,以及解决存在的技术问题的思路;通过对在线监测技术与状态维修融合关系的分析,强调在线监测与诊断技术是实现从预防性维修过渡到状态维修的基础和不断研究并引入一些反映设备运行状态的新特征量的重要性。认为输变电设备状态在线监测与诊断技术是提高电网安全运行的第一道防御系统的关键技术之一,具有良好的应用前景。

关键词:输变电设备;在线监测;故障诊断;状态维修;安全技术

0 引言

20 世纪 60—70 年代,自美国投入巨资开发以在线监测为前提的状态维修技术以来,许多工业领域相继开展了设备状态在线监测与故障诊断技术的研究和开发应用。从 20 世纪 80 年代开始,状态维修逐渐从用于发电设备(旋转机械)发展到用于输变电设备静态设备,并积累了大量经验和数据,开始重视技术标准及导则的制定,全球出现了一批从事状态维修技术研究及开发应用的研究机构或技术公司;到 20 世纪 90 年代初,美国已有 1/3 的电厂采用状态维修,日本也有半数以上电厂实施状态维修。但大量报道表明:在电力系统中,国内外主要是对发电厂锅炉、气轮机、发电机三大设备开展状态维修,到 1998 年,全球电力企业中只有 4.3% 的输变电设备及 0.4% 的配电变压器装备了在线监测装置,客观地反映出在现场强电磁场干扰环境中要使输变电设备状态在线监测与诊断系统达到工程应用的水平确有一定的技术难度,还需要进一步深入研究及开发,并通过挂网运行积累数据和发现监测系统本身存在的问题,不断改进和完善。

随着电网建设的加速和市场经济的推进,一方面,电力企业为了避免由定期预防性试验及定期维修对设备维修过渡或“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;另一方面,从事输变电设备状态在线监测与诊断技术开发的国外商家看准了打入中国市场的契机,通过商业手段,把本来

在自己国家还处于试运行的各类在线监测设备“倾销”我国;同时,国内一些根本无力或根本不具备从事这项技术研发的单位,以国外代理商或粗糙仿制等方式用强劲的广告和市场手段在国内开发市场;而国内有能力从事这项技术研发的高等院校及科研院所,由于缺乏市场能力和足够的资金无法将研制的成果批量产业化。如此种种,导致我国目前成为既是全球输变电设备状态在线监测与诊断装置最大的市场,又是生产及推销这类装置最多的国家,而在研究水平上与国外同步甚至在某些方面领先的成果还难于产业化和推广运用。在这种供销复杂的局面下,作为电网安全运行第一道防御系统的关键技术之一的输变电设备状态在线监测与诊断技术的应用前景如何,是研究及开发者和电力企业用户密切关注的问题。鉴于目前国内外对电网大面积停电事故原因和电网主要存在问题的分析更多地强调电网运行问题,作者在文献^[1]中论述了防止复杂气候环境及输变电设备自身故障导致大面积事故的安全技术是防止电网事故的第一道防御系统的理由,本文仅就防止输变电设备自身故障导致电网事故的关键技术,即在线监测与诊断技术的一些共性问题进行探索,希望能引起各个层面的深思,重视和加强输变电设备状态在线监测与诊断技术的研究及开发,在应用中不断完整,使之真正成为防止电网事故大面积停电的第一道防御系统的关键技术之一。

1 输变电设备状态在线监测与诊断技术的重要性及前景

1.1 防止电网大面积事故第一道防御系统的关键

技术之一

从2003年8—9月国外电网相继发生的灾难性大停电事故调查显示,由于投资输变电设备(含线路)的回报率比投资电厂低,难以吸引投资者,因此虽然有先进的控制系统,高级的运行应用软件,但老化的输电网架,陈旧的输变电设备,导致电网工作在危险区。我国1999—2003年的统计结果表明,不仅复杂气候环境是造成电网大面积停电事故的原因之一,而且输变电设备自身故障造成的电网事故逐年也有增多的趋势,每年都约占所有电网事故的一半左右。例如2003年我国发生对电网运行影响较大的55起事故中,输变电设备故障造成的有27起,占事故总数的49%。从国内外电网大面积停电事故原因的分析都表明,不仅输变电设备自身故障一直是危及电网安全运行的主要原因之一,而且在电网故障起因中所占的比例也相当大。但目前对国内外电网大停电事故的原因和电网主要存在问题的分析却更多地强调电网运行问题,而对输变电设备自身故障引发大面积停电事故的现状重视不够,在科研及技术攻关的投入上相当脆弱。因此,应当重视和加强对输变电设备状态在线监测与诊断技术的研究、开发和应用。

输变电设备运行状态在线监测与诊断技术的最终目标是以此为基础实现对输变电设备运行状态进行在线评估及剩余寿命在线预测,为状态维修提供理论基础和判据,从而大幅度提高电网运行的安全性和经济性。因此,从全面防止电网事故而言,防止复杂气候环境及输变电设备自身故障导致大面积事故的安全技术是防止电网事故的第一道防线,而输变电设备状态在线监测与诊断技术又是第一道防御系统中的关键技术之一。

1.2 输变电设备状态在线监测与诊断技术

设备诊断技术(Condition Diagnosis Technique, CDT)是指在设备运行中或停机时,根据设备的运行现状,判断故障的部位,严重程度、状态及原因,预测设备的可靠性及剩余寿命,并提出维修对策的一门包含多学科的综合技术。设备的诊断可分为:定时(期)诊断和实时(连续)诊断,直接诊断和间接诊断,在线诊断和离线诊断等多种方式,这些方式的有机组合又形成多种诊断模式。

设备维修(或称检修)大致经历了3个阶段:从早期的事后维修(Breakdown Maintenance)正在向状态维修(Condition Based Maintenance, CBM)或预知维修(Prediction Maintenance, PM)发展。状

态维修的基础是在对设备的状态监测和设备信息综合分析,而后者包括在线监测、离线检测(预防性试验)、历次检修情况、运行记录、厂家产品性能和同类设备的故障率等大量因素的综合分析。

设备状态在线监测(Condition On-line Monitoring)不等于状态监测,设备状态诊断(Failure Diagnosis)也不等于设备状态在线诊断。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(如红外监测等)所有可得到运行状态数据的手段;在线监测是指直接安装在设备本体上可实时记录表征设备运行状态特征量的测量系统及技术。设备状态诊断是根据某一时刻在线监测的特征量与前面监测的结果进行纵向比较分析,与同类设备或同一设备不同相在线监测的结果进行横向比较,并结合历年离线检测试验数据和运行经验等,对故障类型、严重程度及原因等做出综合判断,进而做出维修策略及方法;设备状态在线诊断是以在线监测结果对故障的类型、位置、严重程度及原因做出判断,并预测出设备继续运行的剩余寿命和给出维修策略及方法的建议。显然在线诊断要求在线监测系统必须具有能反映各种特征量(单一特征量很难满足应用要求)的监测功能、丰富的专家系统和智能化的诊断能力。就目前及相当长的一个时期而言,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,最为关键的是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。

1.3 输变电设备状态在线监测与诊断技术的发展前景

如上面所述,目前乃至今后相当长一段时间所讲的“状态维修”仍然是依赖于设备状态监测与诊断技术,但目前的状态维修还不能仅仅依赖在线监测的结果。其原因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和诊断的导则及专家系统的智能化程度尚有一个形成及发展过程。

随着现代科学技术的进步和先进制造技术的发展,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,但我们深信,象电力

系统综合自动化技术一样,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 输变电设备状态在线监测与诊断技术的原理及方法

2.1 在线监测系统的基本框架

输变电设备的在线监测与诊断系统有面向对象的分布式和集控式等原理方案,从目前的发展趋势和技术经济比较来看,集成分布式系统(图1)是发展的主流。通常,系统中包含信息检测及传输、数据处理、状态识别、预报决策等多个单元。

(1)信息检测及传输。按照不同的检测对象和诊断目的,选择相应的传感器检测出反映设备运行状态的特征量信息。对于集中在控制室监测

或需具有远程诊断功能的在线监测系统,需要将采集信息通过信号电缆或光纤等信息传输单元传送到数据处理单元。(2)数据处理。数据处理包括前台机预处理和后台机综合处理及分析,如电磁场干扰抑制、维数压缩等,最终提取能真实反映设备故障的特征量。(3)状态识别(即诊断)。对经数据处理单元的有效数据与规程(导则)、历史数据、运行经验及专家知识等进行分析比较,对设备故障分类、故障部位定位、严重程度判定等。(4)预报决策(或在线评估)。对状态识别诊断出的故障,由决策支持系统根据预置的阈值进行报警或由预测分析软件对故障的发展趋势和设备绝缘安全运行时间(或称剩余寿命)等进行评估推测,为状态维修决策提供依据。

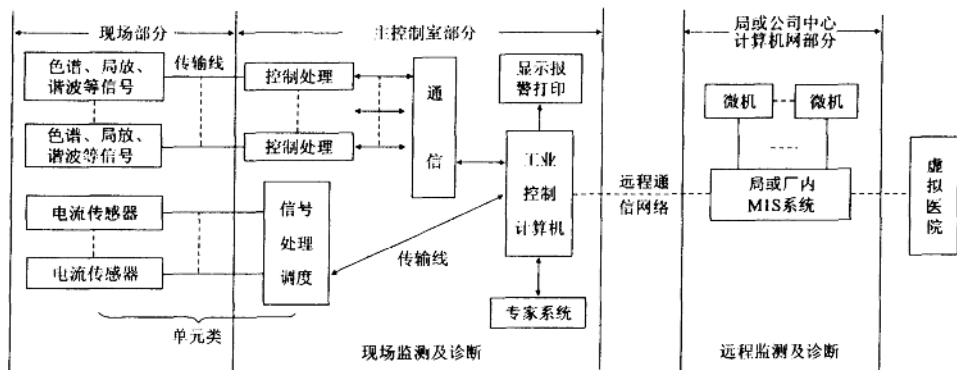


图1 变电站电气设备在线监测与诊断的集成分布式系统原理

2.2 可以实现在线监测的输变电设备及其特征量

(1) 变压器: 主要有充油的电力变压器, 其次是 SF₆ 气体绝缘和环氧树脂浇注绝缘的变压器。主要的监测特征量有: 油中溶解气体 (单一或多种) 分析、局部放电、绕组变形、铁芯接地电流、高压套管的介损、油中微水含量等。(2) 电容型设备: 包括电流互感器、电容式电压互感器、电容器、电缆等。主要的监测特征量有: 介损、泄漏电流、等值电容 (也可监测局部放电) 等。(3) 氧化锌避雷器: 主要监测阻性电流, 也有的监测总泄漏电流。(4) 高压断路器: 包括油断路器、SF₆ 断路器 (含 GIS 内的断路器)、真空断路器。目前国内外可监测的特征量有: 合、分闸线圈电流, 操作机构的行程、速度和机械振动, 动态回路电阻等。

除此之外,还可通过变压器的电容式高压套管(配置专门的测量小套管)或母线(分压的传感器)监

测电网的内外过电压、谐波、线路及支柱绝缘子的泄漏电流等。

各种输变电设备状态在线监测与诊断单元可以构成集中控制式系统,也可以是便携式装置(即可以单独监测运行部门认为是重要的某一特征量或某一种设备的多种特征量)。需要指出的是,目前所用的特征量基本是沿用预防性试验的一些特征参量,为提高在线评估及预测的可信度,需要深入研究并发现一些更贴近和更能准确反映故障种类、严重程度、位置、发展趋势等新的在线监测特征量。

2.3 诊断技术与系统

2.3.1 检测信号的处理与诊断

对传感器采集到的信号进行处理的目的是抑制干扰和提取信号特征,其方法可分为时域分析、频域分析和时频分析等。诊断技术的发展趋势是传感器的精密化与多维化,诊断理论与诊断模型的多元化,

诊断技术的智能化,其中数学诊断方法有:模糊诊断、灰色系统诊断、故障树诊断、小波分析、混沌分析与分形特征提取等;智能诊断方法有:模糊逻辑、神经网络、进化计算和专家系统等;此外,以特征量性质的诊断方法有:阈值诊断,时域波形诊断,频域特征诊断和指纹诊断等。

虽然目前对提取信号特征和诊断方法研究甚多,但对适用范围和对剔除不同干扰信号的敏感度等尚处于孤立式研究阶段,特别是离希望形成对混合信号进行处理及诊断都具有高度智能化功能的集成软件包的目标还相差甚远。

2.3.2 集成式专家系统

目前的专家系统是知识基或规划基产生式系统。尽管专家系统可以采纳设备研制、应用、运行、维护等方面专家的知识和应用计算机的推理功能,但诊断技术复杂,对经验知识依赖性强,单独采用专家系统诊断的结果往往也存在明显的不足。因此,应将专家系统与上述数学或智能化诊断方法有机的融合为一体,建立一个专家系统与数学及智能化诊断结合的集成式专家系统,才能真正实现专家系统在输变电设备状态在线诊断领域内的工程应用价值。

2.3.3 集成分布式远程诊断系统

如图1所示,可以面向整个变电站的若干台被监测的输变电设备,由前台机分别承担每台设备的数据采集、预处理及诊断,后台机负责整个系统的管理、识别和诊断;同时还可以通过信息管理系统(MIS)或互联网,将电网所有变电站的诊断子系统局域网与电力管理部门的调度或信息分析中心相连,甚至建立起虚拟医院,最终形成集成分布式远程诊断系统。

2.3.4 输变电设备虚拟医院

随着集成分布式远程诊断系统的发展,电力管理部门、厂商、诊断技术专家等迫切需要共享各地在线监测及诊断系统的信息,借鉴或收集诊断案例、积累现场监测数据来完善集成式专家系统的可靠性,各个电力管理部门和在线监测与诊断系统制造商都希望建立输变电设备诊断技术综合信息中心,即所谓基于Internet的输变电设备虚拟医院(图2)。借助于虚拟医院,可使诊断专家可以更加准确的诊断故障,在线监测及诊断系统制造商可以进一步完善自己的监测设备及诊断系统,输变电设备制造厂家可以根据产品的运行状况改进设计及制造工艺。同时,虚拟医院对最终建立各种输变电设备的状态维修标准有非常重要的作用。

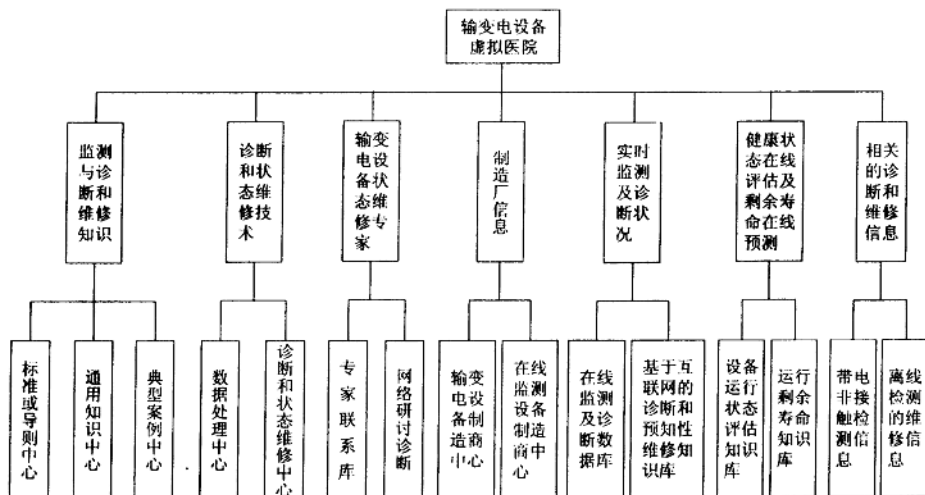


图2 输变电设备虚拟医院原理框图

3 亟待解决的技术问题

长期以来推行的以运行时间为依据的定期预防性试验和维修技术经过了长期的实践及经验的积

累,才形成了不断完善的技术规程。显然,要从“定期维修”过渡到“状态维修”,即从停电对设备健康状态进行诊断到不停电对设备健康状态进行实时或定时诊断、评估和剩余寿命预测并给出维修策略,这是

技术上的变革,需要一个较长时间的实践和运行经验的积累,才可能总结出类似预防性试验的技术规程。由于在线监测与诊断技术是真正实现状态维修制度的基础,因此必须重视在线监测装置运行中一些亟待解决的技术问题。

3.1 在线监测装置的稳定性

在线监测装置的稳定性是推广及应用的关键,其中既有技术问题,也有制造工艺的问题,其中最主要的问题有:

(1)元器件的老化。在线监测装置所用的元器件种类繁多,特别是电子元器件在现场恶劣环境下运行和电力系统过电压、短路故障等冲击作用下易于损坏。前台机(含传感器及辅助电路元器件)直接安装在设备上或附近,不仅环境因素复杂,而且连续高温和大范围的温度变化对元器件的寿命和稳定性影响很大。后台工控机质量不高,冲击负荷对主板电路和控制器件的危害很强,死机现象时有发生。作为制造商,首先是在线监测装置的所有元器件要经过相应的老化试验才能选用;其次是整机系统的各个单元通过必要的老化试验找出薄弱环节,同时整机系统也要进行出厂老化试验。到底要进行哪些老化试验项目,目前虽无标准可循,但可借用相应的其它行业标准。

(2)电磁兼容性。虽然研究者和制造商们花了很大的力气研究防电磁干扰的问题,但从目前的技术水平看,采用硬件与软件结合、以软为主的主导思想对解决从强电磁场干扰中提取微弱特征信号已有诸多的措施,在实验室已经可以做到非常高的精度,问题在于对不同变电站的干扰源及其传播路径需要做出对应的分析和采取相应的措施。因此,需要在总结运行经验的基础上,制定相应的出厂和安装完后交接时的电磁兼容性试验标准。

(3)现场维护。在线监测的传感器及前置放大器等辅助器件,在长时间复杂而恶劣环境中运行后,电子器件因老化而使相应特性及灵敏度发生变化,光敏、气敏等传感件敏感性降低,机构部件不灵等,都会使检测的数据发生偏差,需要定期重新设置标定、检修或更新。因此,在线监测装置厂商需要给出可靠的免维护时间或更换周期,厂商与用户可以通过虚拟医院及时了解和掌握运行状况,商定维修方案。厂商在目前需要建立自己产品分布的信息管理网站和高水平的快速反映维护队伍,用户也要有从事在线监测装置维修与技术管理的专职工程师。

3.2 在线监测装置与诊断系统的标准化

在线监测技术及装置还处于研发阶段,监测的新技术、新方法和诊断软件都在不断完善和改进,加之市场竞争导致相互沟通少,因此在线监测装置与诊断阈值的标准化问题都不可能很快建立。

(1)监测装置。从发展趋势来看,应当尽早制定一个采用现场总线技术的行业性标准和数据通讯规范,建立标准化的数据库标准和完善的信息管理系统,使各个厂商之间的产品都具有开发性、可扩展性和互换性。这样,既可以让用户从不同特色厂家优化组合一个监测装置的各个单元,提高系统的稳定性和可靠性,又可以减少厂商的维护队伍,同时用户也可以及时进行抢修。为此,厂商应积极采用以智能化传感技术为基础的前台机,并采用标准化总线接口进行通讯,后台工业控制机(主机)的主要功能以诊断为主,以便提高在线监测装置的高度智能化诊断能力。(2)诊断系统。在运行条件下获得在线监测数据与离线试验数据之间有一定差异,不能在离线试验诊断标准中的数据作为在线监测数据的诊断标准。由于运行条件,环境状态和电磁干扰的影响,在线监测数据的诊断标准尚有一个长时间的经验积累,因此要出台在线监测数据的诊断标准还为时过早。就目前而言,通常采用横比(同类设备相比)、纵比(同一设备的趋势分析)和综合分析(综合在线与离线历次数据和运行经验)相结合的诊断思路是可行的。

对于运行部门目前最关心的报警的阈值问题,由于故障诊断的阈值目前主要来自典型的物理电极模型的模拟试验结果(即指纹),工业模型和真实模型试验的指纹尚处于初期研究阶段,即使以后有真实模型的指纹特征,因同一类输变电设备不同厂家采用的工艺水平、材质等也有很大差异,实际上也很难规定不同类型输变电设备的统一报警的阈值。从目前来看,一是新设备投运前安装在线监测装置同时投运,或采用自警式电气设备(在输变电设备制造过程中将在线监测装置与设备融为一体),可以把投运时的数据作为指纹特征,然后参考相关设备设计规范的最大允许值作为阈值;二是在已运行设备上再安装在线监测装置,其阈值只能按已有的运行经验和参考同类设备安装在线监测设备后连续监测的数据变化规律或已发生事故的数据来确定。随着在线监测装置的推广应用,在掌握大量数据变化规律与设备故障的实践经验后,最终可以制定出不同输变电设备的报警阈值范围。

3.3 健康状态在线评估与剩余寿命在线预测技术

在线监测的优点是能够对输变电设备的健康状态进行监测,因此在积累大量数据和总结出状态变化规律之后,诊断系统应具有对健康状态进行实时或定时在线评估和剩余寿命在线预测的功能,这应当是研究的重点内容之一。

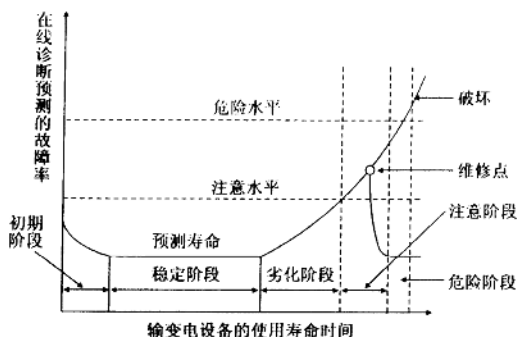


图3 输变电设备健康状态在线评估与剩余寿命在线预测示意

从图3可知,输变电设备在整个服役期内的故障通常分为4个阶段。设备投运初期(1a左右),在制造、安装、调试过程中遗漏的缺陷会暴露出来,运行人员对新设备的操作或维护不当也可导致意外故障,因此在线监测装置最好进行连续实时监测,以便及时发现并排除故障。在稳定期(运行5~10a),为延长在线监测装置的使用寿命,可实行定时巡检,在劣化阶段(运行10~20a)要根据稳定期的监测情况,缩短定时巡检时间(最好1d巡检多次)。并根据监测特征量的变化规律定期对运行状态和剩余寿命不断做出评估及预测。在危险阶段(运行20a以上)要调整为连续实时监测,在报警的同时要给出健康状况在线评估及剩余寿命在线预测的结果和状态维修策略。

从图4的可知,不同的设备绝缘健康状态可选择2个最具有代表性的特征量 x_1 和 x_2 (如变压器可选择油中气体和局部放电量),根据大量在线监测结果总结出注意水平 $C(x_1, x_2)$ 和危险水平 $D(x_1, x_2)$,信息管理系统及运行人员要随时掌握特征量 (x_1, x_2) 的过去和现在值变化、进入注意和危险水平的时间 (t_c, t_d) ,用相关的在线评估及剩余寿命预测方法可以估算出实施状态维修的时间。

4 在线监测技术与状态维修的融合关系

4.1 状态维修决策的依据

状态维修(CBM)也称预知维修(PM),是以设

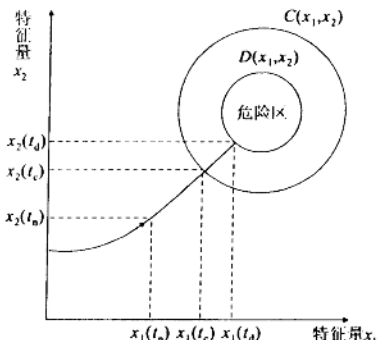


图4 剩余寿命的在线预测概念

备在线监测的特征量数据为基础,结合预防性试验(离线)的数据,设备的历史运行状况和检修情况以及现在的运行状态,应用系统工程的方法进行综合诊断,从而查明故障(隐患或缺陷)性质、位置和严重程度,预测故障的发展趋势和设备运行的剩余寿命,并提出防范措施和维修决策。在线监测是输变电设备实现状态维修的重要信息来源。显然,定期维修是以预防性试验为基础,状态维修就应以在线监测为基础,但在目前在线监测的特征量不充足、产品的稳定性不高、诊断标准未形成等情况下,综合诊断分析就十分重要。实际上,预防性维修虽然是以预防性试验为基础,但在做出维修决策时仍要考虑设备的历史运行状况和检修情况、现在的运行状态、以及同厂家产品质量性能和同类设备故障率等诸多因素。因此,如果在线监测技术目前存在的上述问题一旦解决后,预防性试验实质就没有必要了,只要智能化诊断系统将数据库中已经存储的预防性维修决策考虑的诸多因素与在线监测特征量一起进行综合诊断,即可给出状态维修决策。

4.2 在线监测特征量的重要性

在线监测的特征量既包含了一些可以实现在线监测的离线试验项目,也在不断研究和引入了一些反映设备运行状态的新特征量,可以全面地反映出设备的运行状态;同时,运行电压下测量的特征量参数比预防性试验所加电压下的离线试验同一特征参数正确度高,更能真实地反映设备运行的实时状态。

在线监测能实现连续监测设备运行状态的变化,但要判断被监测设备是否需停电维修或报警,这还需要积累大量的经验和数据;同时离线试验与在线监测的同一个特征量是否等价也还需要运行经验来检验。目前在线监测数据的积累还远未达到制定分析判断标准的程度,到底报警阈值设置多少合适

没有充分依据。为此,为了尽快制定诊断标准,一是各电力行业要组织一些专业技术人员来对管辖区域监测系统统一管理和对监测数据统一分析;二是要积极采用多种特征量的在线监测系统,以便积累各种特征量与故障间的关系及变化规律,而不要轻易放弃某些特征,否则只局限于报警,而放弃健康状况在线评估的数据积累。因此,只有两者兼顾才能为制定科学的诊断标准提供依据。

5 结束语

目前,输变电设备状态在线监测与诊断技术的研究及开发国内外几乎处于同一发展水平,但在开发的产品应用中都存在检测信号失真、结果稳定性差、产品工艺落后等技术问题和系统安装工作量大、维修困难等客观事实,从某种程度上阻碍了这种可以大幅度提高电网安全运行的新技术的推广应用,并给运行部门带来了很大困惑。通过不断的摸索和实践,随着人们对绝缘劣化、健康状况评估、寿命预测等不断深入

的研究和运行经验的总结以及产品制造工艺的不断提高,在线监测与诊断及产品的整体技术水平将向高可靠性和高度智能化推进,输变电设备状态在线监测与诊断技术必将成为防止电网大面积停电事故第一道防御系统中的有力手段之一。

参考文献

- [1]孙才新.重视和加强防止复杂气候环境及输变电设备故障导致电网大面积事故的安全技术研究[J].中国电力,2004,37(6):1-8.
- [2]周琳,陈刚,朱伟江,等.2003年电网安全运行情况分析[J].中国电力,2004,37(5):38-42.
- [3]陈丽娟,赵凯,蒋锦峰,等.2003年全国电力可靠性统计分析[J].中国电力,2004,37(5):59-64.
- [4]韩良.智能化、标准化和开放性是在线监测技术健康发展的必由之路[A].全国电气设备状态监测与故障诊断技术研讨会论文集[C].2004:114-124.
- [5]孙才新,陈伟根.电气设备油中气体在线监测与故障诊断技术[M].北京:科学出版社,2003.
- [6]BERGMAN W J. GE Power System Solutions Integrated Substation Monitoring and Diagnostics Economic Justification(Seminar)[R]. Albert(USA):[s. n.],2001.

目 录

输变电设备状态在线监测与诊断技术的现状与前景	孙才新
电气设备状态监测与故障诊断技术的现状与展望	朱德恒 谈克雄(1)
电气设备状态在线监测系统若干问题解析	刘有为 高克利(8)
论如何正确开展状态检测及状态维修	李 华 李明华 董 明 严 璋(11)
国内外局部放电在线监测诊断系统情况介绍	(17)
正确使用监测方法是开展状态检修的基础	苑 舜(20)
美国电力研究院开展状态检修及诊断技术简介	(22)

2004 年

10kV 金属密封开关柜的一个致命缺陷	苏亚西 李历波 李洪扬 杨 平 范建斌(24)
国外户外隔离开关的新发展和典型结构评述(上)	钟振蛟(28)
SF ₆ 气体中矿物油含量红外分析法探讨	徐禄文 邱 妮(36)
SF ₆ 气体状态在线监测的实现	王 宏 朱 跃(39)
GIS 高频宽带局部放电在线监测新方法	陈 玉 谢小军 朱哲蕾 胡学胜 成永红(43)
GIS 盘式绝缘子表面金属质污秽的超宽频带放电特性试验研究	陈 玉 胡学胜 谢小军 朱哲蕾 成永红 张卫华 杨保利 魏光林(47)
基于 LabWindows/CVI 的 GIS 局部放电在线监测系统软件设计与开发	朱哲蕾 陈 玉 谢小军 陈小林 刘 通 成永红(50)
应用综合相对法分析介损在线监测数据	龚李伟 文远芳 魏 斌 侯 镭(54)
基于嵌入式系统断路器综合在线监测平台的研制	赵 勇 吕一航 成永红(56)
智能化、标准化和开放性是在线监测技术健康发展的必由之路	韩 良(60)
真空断路器真空灭弧室现场检测方法	沈洪伟(64)
高压开关全电压关合试验中相位控制问题的研究	范兴明 邹积岩 丛吉远(66)
一起罕见的 SYXZ-110/400 型有载开关缺陷案例分析	刘庆时(70)
电力设备状态维修方案的模糊效用决策方法	袁志坚 王 剑 王 滨 白 斌(73)
基于超高频检测技术研究 GIS 中的局部放电	李 忠 陈杰华 胡迪军 冯允平(77)
智能化中压开关柜的监测和传感技术	陈振生 陈俊丽(80)
关于万能式断路器智能控制器	曾庆军 金升福 黄巧亮 蔡 彬(88)
基于电气开关设备的故障诊断和内容研究	陶国成 吴继红 刘 毅(92)
MODBUS 协议在智能断路器控制中的运用	方进勇 许志红 张培铭(95)
高压开关触点和母线温度在线检测与监视系统	费万民 吕征宇 耿福江 孙向东(97)
基于遗传算法的断路器分闸模糊控制	孙 弋 马志斌 佟明安 包学俊(100)
成套开关设备温度在线检测用接触式传感器的研制	郑 义 王小华 许玉玉 荣命哲(103)
环境温度及湿度对 SF ₆ 断路器中微量水分的影响及控制措施	陈新岗 陈渝光 黄建国 钟连超(106)
真空断路器的智能检测及故障诊断技术	马少华 李李梅(108)
SF ₆ 气体密度在线监视装置的开发与应用	王春宁 王家政(110)
高压断路器在线状态监测系统应用	胡文平等(112)
小波包—能量谱在高压断路器机械故障诊断中的应用	赵海龙 王 芳 胡晓光(114)
便携式 SF ₆ 气体分解物检测器	晓 路(117)

检测 GIS 局部放电的内置传感器的模型及性能研究	孙才新 许高峰 唐 炬 侍海军 朱 伟	(117)
高压开关操作电磁铁动态特性逆分析的研究	李庆民 钱家骊 黄瑜琰 刘卫东	(122)
SF ₆ 电气设备气体湿度测量分析	滑春桃 王晓东	(127)
电力系统相控开关技术及其智能控制策略	李庆民 王 冠 李清泉	(128)
SF ₆ 气体微水含量在线监测系统	李明芸 江秀臣 曾 奕	(132)
高压开关机械特性检测仪应用中所遇问题及处理	吴灿辉 房 奎 刘晓然	(135)
GIS 局部放电检测中的小波包变换提取信号	唐 炬 孙才新 彭文雄 侍海军 朱 伟	(136)
高压柜的现场监测和故障诊断	孟兆明 赵升平	(141)
气体绝缘系统中典型缺陷的超宽频带放电信号的分形分析	成永红 谢小军 陈 玉 胡学胜 朱哲菁	(143)
智能 GIS 及其发展现状	王 宁 张可畏 段雄英 邹积岩	(147)
PWZ-2Z 型在线式 SF ₆ 气体微水综合监测器	许 菲	(150)
SF ₆ 全封闭组合电器大修设想	罗晓阳	(151)
SF ₆ 断路器状态维护的常规检测方法	朱 栋	(153)
断路器状态监测和故障诊断技术的研究与应用	张文会	(155)
LM10 型手持式 SF ₆ 检漏仪	蔡洪波	(159)
高压柜的现场监测和故障诊断	孟光明 赵升平	(159)
高压开关触点和母线温度在线检测与监视系统	费万民 吕征宇 耿福江 孙向东	(162)
高压开关烧结触头的超声 C 扫描图像校正方法	曹宗杰 陈怀东 薛 锦 王裕文	(165)
3kW 开关磁阻电机的再生制动实现	李广海 叶 勇 蒋静坪	(167)
基于故障群组合优化的变电站故障诊断	张炳达 马忠坤 陈伟乐 曾启明	(171)
新型直流断路器及其快速故障监测系统的研究	董思源 卜连攀	(175)
断路器综合在线监测系统研制	戴怀志 吕一航 贾申利 孟永鹏 王小华 荣命哲 成永红	(177)
开关磁阻电动机转矩脉动的检测	李 雷 陈振翼 张利军	(180)
短路电流的快速检测电路及其仿真研究	郑清水 马志瀛 钱 华	(183)
用于 GIS 局部放电检测的内置传感器超高频耦合特性研究	唐 炬 侍海军 孙才新 魏 钢 朱 伟	(187)
GIS 设备早期故障的声学诊断技术		(190)
声检方式的 GIS 故障点检测装置		(193)
全封闭 GIS 的局部放电检测技术简介		(194)
用特高频法对 GIS 进行绝缘诊断		(195)
SF ₆ 开关设备的健康诊断		(197)
利用激光传感器检测 SF ₆ 开关气体泄漏		(199)
运用电流波形测定的电磁接入式断路器诊断技术的开发		(200)
550kV 六氟化硫断路器故障诊断和检修策略	张宗九 陈少波 徐毅林	(203)
高压开关机械特性在线监测系统的研制	肖文明 孔 力 于 龙	(210)
新型 GIS 局放超高频传感器抑制干扰的研究	李 信 李成榕 丁立健 杨 静 赵清娇 沈小军	(212)
应用粗糙集理论研究介损在线监测数据规律	王 楠 律方成 李和明	(214)
组合电器中微水含量在线监测实验研究	李明芸 江秀臣 赵子玉 林 坚	(217)
电气设备绝缘在线监测技术研究概况	黄盛洁	(219)
SF ₆ 设备维护的现状与将来	顾志强	(222)
气体绝缘开关(GIS)的在线监测、诊断技术		(225)
SF ₆ 全封闭高压组合电器断路器液压机构改进	邱义质	(227)

SF ₆ 断路器存在的问题	章 坚(230)
基于 DSP 的高压断路器状态在线监测装置	李 娟 焦邵华(231)
大功率晶闸管电力开关常见故障的检测	吴争荣 李晓明 张俊潇(234)
基于智能控制的开关磁阻电动机调速系统	贺乃宝 高 倩(236)
高压断路器综合在线监测系统的研制	吕一航 李静 戴怀志 成永红 赵勇 贾中利 荣命哲(239)
断路器操作控制设计相关问题分析	李志平(243)
真空断路器灭弧室真空度在线监测装置	石 岩 邹 旭(245)
基于单片机控制的直流断路器操动机构	杜广波 董思源 邹积岩 袁锋宁 卜连繁(247)
开关磁阻电动机无位置传感器能量优化控制	郑洪涛 蒋静坪 徐德鸿 刘连根 郭淑英(250)
GIS 设备微水含量的控制	连建华(254)
配电设施高压断路器状态在线监测系统研究	陈立达(257)
气体绝缘组合电器局部放电的超高频检测	唐 炬 魏 钢 侍海军 孙才新 朱 伟(259)
SF ₆ 气体状态监控单元的研制	王 宏 王新波 张 浩(263)
SF ₆ 绝缘电器的运行维护及其发展方向	张江涛 宋晓芳(266)
六氟化硫断路器气密性的检查	许建立(269)
330kV 罐式断路器中六氟化硫气体湿度的测量	王 琦 邱毓昌 王 宏 郭 洁 李久红(270)
SF ₆ 开关微水超标问题的现场处理	刘心雄 甘团杰(272)
GIS 局部放电信号的联合时频分析	周洪伟 梁贵书(274)
GIS/GCB 气体绝缘电器设备的状态维护技术	陈振生(277)
试谈花园变 330kV SF ₆ 开关现场大修标准化管理	杨应仓(282)

2003 年

断路器使用周期管理中以可靠性为中心的检修策略的实际应用	T. Orłowska 等(284)
六氟化硫互感器特征气体检测方法的探讨	肖 匀(290)
基于超高频信号检测 GIS 局放模式识别	李 信 李成榕 丁立健 丁燕生 何 鹏 蒋建玲 杨 静(291)
GIS 局部放电的超高频检测	唐 炬 朱 伟 孙才新 侍海军 魏 钢(296)
GIS 局部放电两种内置传感器响应特性分析	唐 炬 侍海军 许高峰 孙才新 朱 伟(298)
外部传感器 GIS 局部放电超高频检测的研究	李 忠 陈杰华 胡迪军 冯允平(300)
用旋转式电场探头在线检测灭弧室真空度	赵子玉 李兆治 陈 雾 江秀臣 吉晓波 杨 杰 穆广棋 韩俊玉(303)
放电声发射法检测真空灭弧室内部气体压力的研究	舒乃秋 王成江 毛慧和 黄中英(306)
高品质开关电器的质量保障 JTUIS 超声成像无损检测系统	王裕文 张育林 吴 勇 薛 锦(309)
数字式 SF ₆ 气体密度继电器	周晓威(311)
SF ₆ 全封闭组合电器大修设想	罗晓阳(313)
真空开关及 CD10 操作机构的检修维护	宁 华(316)
采用综合诊断确定断路器检修周期	刘应明(317)
利用光纤传感器诊断气体开关放电特性的初步研究	丛培天 赵军卫 蒯 斌 许 日 梁天学 曹正中(319)
断路器瞬动特性检测技术的研究	杜太行 弭艳芝 刘 鑫 陈培颖(321)
虚拟仪器在高压开关厂 CT 质量检测中的应用	王晓辉 郭福田 李国珍 卢岩辉(324)
超声波接近开关的智能设计	温淑慧 刘秀红 齐广学(326)
CAN 总线在变电站高压开关柜在线检测系统中的应用	张艳伟 刘漆尘 管保安 曾 楠(329)
断路器液压机构应用中问题的分析及处理措施	周志敏(332)

基于电压—时间型故障诊断控制器的电缆环网柜供电模式·····	王晓林	张建昌(335)
漏电保护开关的故障诊断与维护·····	赵 赟	(337)
气体绝缘开关装置(GIS)的近期发展动向·····	汪 汛	邱毓昌(340)
SF ₆ 断路器状态维护的常规检测方法·····	朱 栋	(344)
基于小波变换的开关电触头钎焊质量超声成像检测·····	陈怀东 曾宗杰 王久洪 王裕文	薛 锦(346)
应用于 GIS 保护及监测的罗氏线圈电子式电流互感器·····	田朝勃 索南加乐 罗苏南	杨奖利(349)
断路器性能在线监测技术探讨·····	庞振海	刘晓伟(352)
真空断路器灭弧室真空度的检测·····	张 猛	(354)
MHMc-2Y-550 型断路器频繁打压的故障分析及解决方法·····	岳亚林	吴 东(356)
SF ₆ 气体纯度对 GIS 安全运行的影响及对策·····	雷振如	(358)
正常负载开断时智能操作的研究·····	吴军辉 马志瀛	张 猛(360)
自适应滤波技术在 GIS 局放检测中的应用·····	李海君 陈忠宝	孙 恒(362)
D—S 证据理论在断路器故障诊断中的应用·····	程 磊 李正瀛	尹小根 何俊佳(364)
结合机构动力学特性仿真将 ANN 用于高压断路器机械状态识别初探·····	杨 武 荣命哲	王小华(367)
SF ₆ 气体密度与湿度的在线监测·····	李泰军 王章启	毛 艳(371)
高电位电流母线异常温升在线实时诊断·····	陈振生	周晓威(374)
真空灭弧室真空度测量方法的探讨·····	王春宁	金基平(377)
检测真空灭弧室内部放电的超声波传感器·····	王成江 舒乃秋 李 明	李红玲 武剑利(379)
一种用于 GIS 局部放电检测的新型特高频传感器·····	胡迪军 陈杰华	李 忠 冯允平(381)
沙角 B 电厂 500kV GIS 开关站的参数监测及运行管理·····	陈正佩	(383)
超高频法在 GIS 设备局部放电检测中的应用·····	屈海涛 郭 琳 邵方华	许 徽(386)
GIS 中绝缘子与电极接触不良时闪络特性的分析·····	汪 汛 张乔根	邱毓昌(389)
高压断路器机械状态在线监测系统研究·····	胡晓光	王 芳(392)
用于局部放电检测的一种小波去噪方法·····	朱周侠 段乃欣 赵中原	邱毓昌(394)
新型 GIS 用电子式光电组合互感器中电压传感器的性能分析·····	钱 政 贺向前	罗承沐(396)
SF ₆ 微水在线检测系统概述·····	花一平	(400)
电气设备在线监测技术的研究与发展·····	胡文平 尹项根	张 哲(401)
智能式断路器可靠性检测系统·····	肖 琴	赖晓阳(405)
SF ₆ 电力设备的气体监测和检修要点·····	张广科	张新立(407)
高压断路器机械状态在线监测装置的研究·····	常 广	王 毅(408)
从 FCL 看开关技术发展的新增长点——混合式开关设备 ·····	王章启 姚月娥 王 慧 穆双录 高骥超	刘全志(411)
GIS 局部放电检测及有关问题探讨·····	刘社民 成东旗 杨战胜	黄兴泉(413)
六氟化硫断路器的监测、监控过程中的环境温度补偿办法·····	王明珠 何明芳	刘秀莲(416)
高压断路器的更换技术和日本的更换量化准则·····	钱家骊	(419)
用于 GIS 局部放电检测的电容型传感器·····	许高峰 侍海军 唐 炬 朱 伟 魏 钢	唐治德(421)
基于小波变换抑制 GIS 局部放电监测中白噪干扰的新方法研究 ·····	许高峰 孙才新 唐 炬 唐治德	张 诚(425)
CPLD 在断路器在线监测数据采集系统中的应用研究 ·····	张永伟 尹项根 李彦武 胡文平	王志华(428)
真空断路器在线检测的探讨·····	尤洪波 马德明	马洪宁(431)
六氟化硫气体密度在线数字式监测装置的开发·····	王春宁	王家政(433)
真空灭弧室真空度检测技术的现状和方法·····	杨清华 陈仕修	沈远茂(434)
采用综合诊断确定断路器检修周期·····	刘应明	(437)

SF ₆ 断路器在线监测仪的研制	朱 鹏 田 竞 路 灿 申忠如	(438)
断路器机械系统三维动态仿真软件设计	高骥超 苗本健 王章启	(441)
高压开关设备就地监测装置的电磁兼容设计和试验	陈 迁 徐国政 关永刚 刘 强 刘 潜	(443)
真空灭弧室内部气体压力检测的实验研究	宋衍国 云伟俊 赵子玉 江秀臣 韩振东	(446)
用基于 OpenGL 的 ActiveX 控件模拟真空断路器的动作过程	高骥超 姚月娥 王章启	(449)
SF ₆ 微水在线检测系统的实用技术	侯云海 白文峰 卢秀和 巍雨林	(451)
配电设施高压短路器状态在线监测系统研究	陈立达	(453)
基于 Open GL 的真空断路器机械动态仿真方法	高骥超 王章启 张 挺	(455)
不拆卸灭弧室测量真空度的技术研究	赵子玉 陈 雾 李兆治 江秀臣 陶贺林 李 锋	(458)
SF ₆ 气体水分管理标准的探讨及密度与湿度监测的研究	李泰军 王章启 张 挺 刘全志	(461)
高压断路器运动特性仿真	孙 弋 吴军辉 谈建国 马志谦 佟明安	(466)
具有电容器特性在线检测功能的控制电路设计	朱佩龙	(469)
外部传感器超高频 GIS 局部放电检测技术	李 忠 张晓枫 陈杰华 胡迪军 冯允平	(472)
集成色谱在线监测和真空断路器状态监测的 SCADA 系统	桑宇清 杨荆林 肖登明	(474)
高压 SF ₆ 封闭组合电器(GIS)的发展及故障诊断	仲伟涛 张 健 中 强	(477)
真空断路器真空度声学检测方法研究	王成江 舒乃秋	(479)
全封闭组合电器(GIS)绝缘特性的在线监测	金立军 裴根林 郑祥恭 黄家旗	(483)
高压开关设备在线监测和故障诊断的几个问题	钱家骊	(485)
SF ₆ 气体密度在线监测装置	王春宁 王家政	(488)
中压开关柜在线监测装置的研制及其抗电磁干扰设计	王小华 荣命哲 贾申利 孟永鹏 李 琨 马 强	(490)
10kV 真空断路器在铁路自闭供电系统中的使用 and 检测	高晓东	(493)
采用单片机控制的断路器永磁操作机构控制系统	张 龙 刘福贵 李有余	(496)
基于 196 单片机的开关磁阻电机性能检测系统设计方案	王 燕 王宏华	(498)
石泉电厂 220kV SF ₆ 开关漏气处理	凌国泉	(500)
调压变压器有载分接开关机械性能的在线检测	吴 昊 刘庆时 刘卫东 钱家骊	(501)
制订《电气设备状态维修导则》的原则框架	刘有为 李光范 高克利 杜彦明 张 勤 牛晓民 孙维本	(504)

2002 年

高压开关设备智能化发展综述	金立军 刘卫东 钱家骊	(508)
GIS 局部放电监测诊断技术的研究	钱家骊 刘卫东 金立军	(511)
SF ₆ 气体绝缘全封闭开关设备的早期绝缘故障诊断	汪 泓 马江泓 王建生 邱毓昌	(514)
GIS 中 SF ₆ 气体水分含量测试结果分析	严文群	(517)
GIS 绝缘配合中的故障分析及诊断和检测技术	金立军 刘卫东 钱家骊	(519)
GIS 设备现场试验	袁文胜	(523)
一种检测 SF ₆ 泄漏的新技术	陈学家	(525)
电气设备中 SF ₆ 气体的管理	彭勤建	(528)
SF ₆ 断路器和 GIS 电器安全运行的实践	张广科 张新立	(529)
剩余脉动直流电流动作断路器及其动作特性的检测	叶 琳 陈 冲	(531)
高压断路器智能控制技术的原理及应用实例	彭勤建	(534)
330kV 高明变电站 1 号主变压器内部放电故障分析	李英奇 王立新 任东红 梅超美 陈楚羽	(536)
220kV 断路器绝缘拉杆的故障诊断	许洪春	(538)
110kV GIS 单相故障发展成三相短路事故分析	刘忠德 付声波	(540)

220kV GIS 对地放电事故分析	王桂生(541)
GIS 设备事故的预防	彭勤建(543)
一种多功能封闭组合电器在线监测系统	陈江 袁平 王华林 高峰 何速(545)
GIS 状态监测与状态检修初探	林其雄 李刚(548)
交流耐压条件下的 GIS 局部放电检测	黄兴泉 张欲晓 陈正平 韩金华(550)
智能中压开关装置的在线监测技术	陈振生(553)
高电压绝缘测试技术中微弱电荷的测量	汪颀 邱毓昌 张乔根 王琦(557)
气体绝缘管道电缆局部放电的超高频检测技术	李六零 邱毓昌 王建生 马江泓(560)
一种新型的微机型断路器开断检测装置	丁柯柯 涂平华 刘峰章(563)
气体绝缘组合电器(GIS)绝缘监测系统的发展近况	Gilles Bazannery(564)
永磁操动机构及其电子控制系统	周健 辛开远(567)
对高压断路器的诊断	袁艳 种亮坤(569)
基于单片机的高压断路器机械状态在线监测数据采集系统	郑晓彬 胡晓光 孙来军(570)
GIS 开关设备智能化发展趋势的探讨	林晓东(573)
SF ₆ 高压断路器的智能操作	吴军辉 马志瀛(575)
渭南变电站 330kV GIS 闪络事故分析	李英奇 荆培征 蔡新军 王莉英(576)
真空断路器的合闸弹跳与分闸弹振	赵智忠(579)
基于 LonWorks 技术的断路器在线监测系统设计	胡丹晖 郭贤珊 朱庆翔(581)
SF ₆ 断路器测量气体压力时应注意的问题	朱宝林(584)
室内 GIS 检修应注意的几个问题	张孝林(586)
智能型自适应单相重合闸的应用研究	陈少华 张辉 陈九平(587)
断路器操动机构在线监测参数的选择	郭贤珊 李仲夫 陈轩恕(589)
GIS 金属颗粒局部放电的试验研究	金立军 刘卫东 黄家旗 钱家骊(592)
噪声传感检测有载调压分接开关内的局部过热	毛爱华 石瑞生 刘卫东 钱家骊 丁齐峰 于国霞 马力(596)
SF ₆ 气体中微水含量模拟在线监测初探	胡雨龙 陈伟根 孙才新(598)
铁氧体磁环抑制 GIS 特快速暂态过电压研究	金立军 刘卫东 钱家骊(600)
40.5kV 封闭式气体绝缘开关设备就地微机保护与状态监测装置	郝剑 徐国政 刘建政 徐建峰(603)
SF ₆ 气体密度控制器现场检测的有关问题	李永富 李强(605)
气体绝缘配电装置的故障早期诊断技术	M. 福阿塔等(607)
500kV SF ₆ 断路器故障分析	张丽娜 隋少臣(609)
浅谈 SF ₆ 断路器的状态监测	黄忠群(611)
气体绝缘全封闭组合电器的运行状态监测	吴如龙(612)

2001 年

通过检测 SO ₂ 发现 SF ₆ 电气设备故障	张仲旗 连鸿松(615)
快速振荡电压下 SF ₆ 气体间隙放电的光电检测	张乔根 陈庆国 邱毓昌 魏新芳(618)
高压断路器行程特性监测方法的研究	徐建峰 黄瑜琨 徐国政(621)
相位控制高压断路器的动向	钱家骊(624)
用 Visual Basic 实现电网中开关管真空度的智能化监测	赵智忠(627)
日本 SF ₆ 电器局部放电监测技术研究近况	刘卫东 金立军 黄家旗 钱家骊(629)
GIS 中断路器用液压系统控制主阀的复位方法	胡建安(631)
基于小波奇异性检测的高压断路器故障诊断	胡晓光 戴景民 纪延超 于文斌(632)

GIS 的运行状态检测与诊断	尹承尚 于 泳	(635)
关于 SF ₆ 气体绝缘组合电器中微水问题的研究	王永强 程仲林 张重远	(637)
220kV 升压站 SF ₆ GIS 系统故障分析及处理	唐建辉	(640)
GIS 局部放电在线监测信号检出方法初探	徐 臻	(642)
气体密度继电器能否正确反映电器的的气体密度	钱家骊	(643)
关于 GIS 和 SF ₆ 断路器的现场检测方法	张丽娜 陈永义 梁桂州	(645)
真空断路器电磨损监测技术的改进	关永刚 黄瑜琬 钱家骊	(646)
GIS 局部放电特高频(UHF)在线检测定位装置	刘卫东 钱家骊 黄瑜琬	(649)
GIS 振动的分析	杨瑞棠	(652)
基于径向基函数网络的高压断路器在线监测和故障诊断	胡晓光 齐 民 纪延超 于文斌	(656)
GIS 故障检测新技术	陈锦清 郑晓光	(659)
一种高压开关柜隔离触头过热的监测方法	关永刚 徐国政 钱家骊	(661)
高压断路器微机控制系统	张朝平 黄 晨	(663)
射频法在高压开关柜局放监测中的应用研究	关永刚 钱家骊	(665)
GIS 局部放电的现场检测技术	朱周侠 邱毓昌	(668)
SF ₆ 封闭组合电器局部放电及其现场检测	张欲晓 陈正平 韩金华 黄兴泉 戴 铮 彭 江	(669)
对 SF ₆ 气体绝缘全封闭组合电器防误操作措施的探讨	刘 波 罗 娟	(674)
气体绝缘开关装置局部放电传播特性及采用频率元件比较定位系统的可实现性	张丽娜	(677)
快速暂态电压作用下 SF ₆ 气体放电机理	陈庆国 张乔根 汪 汛 邱毓昌 魏新芳	(681)
GIS 现场试验的现状与发展	史志侠	(684)
用于测量 GIS 中瞬态外壳电压的电阻性阻抗分压器	王建生 周会高 冯昌远 Kim IK Soo Lee H. H.	(688)
基于 CAN 总线的分布式高压断路器在线监测系统的设计	张闻宇 骆济寿 刘亚伟	(691)
断路器最低动作电压在线监测	郭贤珊	(694)
新型 GIS 中电子式光学电流/电压互感器的设计	钱 政 申 烛 王士敏 秦荃华 罗承沐 杨晓红	(696)
随时可在 GIS 上应用的复合型电流和电压传感器	董华锋 于锡源	(699)
用于 GIS 串外电流互感器配置的 T 区保护装置	韩宏跃 何雪峰 孔伟彬 黄 河	(704)
采用环氧树脂涂敷法加快对 SF ₆ 泄漏点的修复		(707)
高压开关触头水浸超声自动检测装置及其应用	牛仲克 姜 涛 王祥林 王裕文 马宏伟 张广明	(708)
TM1600/MA61 测量高压断路器动作时间中的两个问题	郭贤珊 文 微	(710)
气体绝缘开关设备的局部放电检测技术及其应用	武藤浩隆等	(713)
新一代设备监视系统	日本国 土 井 博 筹	(716)
SW ₂ -60 型断路器几类缺陷的现场处理	迟国忠 王 宏	(719)
开关触头烧结接界面超声无损检测	陈怀东 曹宗杰 王裕文 薛 锦	(721)
SF ₆ 断路器无载分闸灭弧室气流场控制的研究	金立军 刘卫东 钱家骊 马志斌	(723)
特高频法检测 GIS 局部放电的试验研究	邵 涛 周文俊 朱宜飞 吴世华	(727)
有载分接开关温度的在线监测报警装置的研制	高良玉 郭文元 李秀涛	(729)
隔离开关触头温升在线检测关键技术问题初探	谭跃凯 李胜利	(732)
高压断路器在线状态检测与诊断技术	刘全志 师明义 秦红三 李喜桂 胡文斌 王章启	(734)
高压断路器机械性能的检测	叶琦姪 戴文进 韩秀清 吴巧虹	(737)
SF ₆ 断路器缺陷例析	白云庆 王 勇	(740)
SB854 型移相器在排除电场干扰中的应用	胡格吉夫	(742)

高压断路器机械状态在线监测的探讨	安成万 李玉珊 白 钢(743)
高压断路器状态在线监测系统	谢志坚(745)
断路器的定期检修与状态检修	林立生(746)
罐式断路器绝缘诊断装置的开发	杨钦慧(748)
一起 220kV SF ₆ 断路器的故障诊断	许洪春(751)
户外 SF ₆ 断路器在严寒地区可靠运行的措施	刘彦军 李松琴(752)
电弧电压测试中消除断路器内部导电回路压降方法的研究	周会高 王 安 裴振江 赵端庆(755)
SF ₆ 断路器气体湿度超标原因分析及对策	李志斌 卢雪峰 王 磊 李国兴 胡晓慧(758)
高压断路器操动机构的电气动态特性	霍凤鸣 苏红梅 潘 瑾 陈志业 严 凤 新 祁 臧立春(760)
高压断路器液压机构故障诊断、分类和处理方法的探讨	李 刚 林其雄(763)
六氟化硫断路器的维护及故障处理	陆 明(765)
真空断路器的结构及故障分析诊断方法	王 刚 韦利民(767)
500kV 3AS5 型 SF ₆ 断路器的现场检修	王宇坤 赵 波(771)

2000 年

气体绝缘开关设备中局部放电的在线监测技术	王建生 邱毓昌(773)
GIS 的运行经验和现场试验	冯昌远(776)
气体分析在 GIS 闪络定位中的应用	黄云光 朱立平 王 琪(780)
智能化开关设备的新一代仪用传感器	徐娅萍 陈振生(783)
GIS 断路器检修及气体监督	杨辉耀 谢桥林(789)
SF ₆ 电器设备气体湿度与绝缘	张丽娜(791)
万家寨水电厂 220kV GIS 开关站的运行与维护	王海燕 胡在高(792)
高压开关柜智能化状态监测装置的研制	黄瑜琬 关永刚 徐国政 钱家骊(794)
GIS 设备检修后的现场试验	贾德保(797)
加强 GIS 在线监测, 努力向状态检修发展	庄兴元(799)
如何在不停电状态下快速检测 SF ₆ 泄漏点	(801)
GIS 在运行维护中应注意的问题	王永海 孙洪伟(802)
SF ₆ 断路器灭弧室内粘性流场求解的一种新方法	王尔智 赵中原 曹云东(803)
SF ₆ 开关设备的泄漏问题	林立生(806)
GIS 智能化及 PASS 技术	张文生 刘跃年(808)
推广提高 SF ₆ 开关性能的几个技术问题	李福敬(812)
GIS 设备渗漏原因分析及对策	郭清海 邝 石 彭 江(813)
SF ₆ 气体的监测与维护	金家豪(815)
SF ₆ 断路器状态诊断的新方法	(816)
HH 形高压断路器状态在线监测系统	田卫江 王宇虹 徐会明 柳树平 李淑芳(818)
SF ₆ 断路器中气体放电过程的计算机模拟	佟立柱 刘晓明 曹云东 王尔智(820)
基于振动信号的高压断路器机械故障诊断	关永刚 黄瑜琬 钱家骊(822)
利用串联谐振耐压现场检出和处理 GIS 缺陷	支余庆(825)
330kV 封闭式组合电器局部放电微机集群监测系统	黄瑜琬 刘卫东 钱家骊(827)
GIS 局部放电电高频在线检测和定位	刘卫东 黄瑜琬 王剑锋 钱家骊(829)
气吹断路器专家系统的开发	金立军 马志瀛 杨纪明 陈晓宁(833)
组合电器中配合特性的研究	金立军 马志瀛 陈晓宁 孙 弋 苏方春(837)
提高气吹式高压断路器开断能力的新技术	金立军 陈晓宁 吴军辉 梁晓冬 祁英民(840)

GIS 局部放电的动态频谱特性及在线监测技术	卢 毅	田新启	胡晓云(843)
智能化高压电器的开关与应用	钱家骊	黄瑜琬	徐国政(846)
超高压 GIS 中快速暂态过电压造成危害的原因分析	史保壮	李智敏	张文元 邱毓昌(848)
GIS 中 SF ₆ 气体水分含量测试分析及应注意的问题			严文群(851)
用超高频法检测 GIS 中的局部放电	史智敏	史保壮	张文元 冯允平(853)
GIS 现场工频耐压试验中出现的问题分析			尹承尚 陈玉峰(856)
六氟化硫湿度现场检测及运行管理		杨 杰	苏国莉(858)
GIS、电力电缆及高压电机绝缘的在线检测			严 璋(860)
高压断路器机械状态监测的研究	沈 力	黄瑜琬	钱家骊(863)
断路器振动信号的相频特性及在监测中的应用	沈 力	黄瑜琬	钱家骊(866)
GIS 局部放电的检测方法	李智敏	张文元	冯允平(869)
用超高频法对 GIS 绝缘进行在线监测			邱毓昌(871)
GIS 中 SF ₆ 气体水分含量的测试分析			严文群(874)
全封闭组合电器局部放电超声传播特性及监测问题的研究			苑 舜(877)
GIS 外壳连接方式的电磁分析与计算			杨瑞棠(880)
SF ₆ 断路器不拆卸检测技术	王旭昶	黄瑜琬	古金国 徐国政 钱家骊(887)
使用特高频法对 GIS 进行绝缘诊断			(890)
在线监测技术在高压断路器上的应用		崔 钦	郭光武(892)
断路器状态监测和故障诊断技术研究与应用			张文会(893)
一种断路器燃弧时间检测新方法	王 涛		薛永瑞(897)
GIS 交接试验和在线监测中局放测量技术的研究	肖拥军	A. SCHEI	(899)
GIS 局部放电在线监测及其应用	江秀臣	黄成军	钱 勇 肖 燕(903)
数字式 SF ₆ 密度继电器应用于六氟化硫开关在线监测的优异特性			周晓威(907)
GIS 事故点检测装置的发展		高 晶	邹卫星(910)
高压开关在线监测的色度方法			(914)
SF ₆ GCB、GIS 的劣化诊断			(917)
特高压 GIS 外壳应是全连式			杨瑞棠(921)
气体绝缘组合电器中的局部放电及其测量	韩小莲	冯允平	邱毓昌 陈锦清(927)
高压断路器微机检测系统的研制	黄瑜琬	王旭昶	古金国 徐国政 王伯翰 钱家骊(931)
相关标准			(935)
相关专利			(944)
成果简介			(951)
学位论文			(968)
学术会议			(985)
科技报告			(1009)
国外相关文献题录译文			(1013)