文章编号: 1005—7277(2010)03—0001—06

数字化变电站技术应用研究

周开颜, 陈德洪

(兰州石化公司, 甘肃 兰州 730060)

摘要: 研究了数字化变电站技术的发展、特点和目前状况, 分析了某110kV零号变电站综合自动化系统, 讨论了数字化变电站技术的实际应用。

关键词: 数字化; 变电站; 综合自动化

中图分类号: TP273　　**文献标识码**: B

Application research on digital substation technology

ZHOU Kai-yan, CHEN De-hong

(*Lanzhou Petrochemical Company of CNPC, Lanzhou* 730060, *China*)

Abstract: The development characteristics and the current situation for digital substation technology are presented. The integrated automation system of 110kV substation is analyzed, and the practical application on digital substation technology is also given.

Key words: digital; substation; integrated automation

1 引言

变电站综合自动化系统属于电力系统的“二次部分”, 是一个变电站设备管理的中枢神经系统, 随着通信技术迅速发展, 变电站的“一次部分”和“二次部分”联系日益紧密, 衍生出“数字化变电站”的概念和技术。数字化变电站技术将日趋成熟, 本文对数字化变电站技术在某变电站的实际应用情况做一介绍。

2 数字化变电站介绍

2.1 数字化变电站的介绍

1995年德国提出了电力系统IEC61850标准的设想并开始制定, IEC61850是面向未来的变电站自动化技术标准, 也是全世界关于变电站自动化系统的第一个完整的通信标准体系。我国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会自2000年起, 对IEC61850进行转化, 用近5年的时间, 完成了IEC61850到行业标准DL / T860的转化。

数字化变电站三个主要的特征就是“一次设备智能化, 二次设备网络化, 符合IEC61850标准”, 即数字化变电站内的信息全部做到数字化, 信息传递实现网络化, 通信模型达到标准化, 使各种设备和功能共享统一的信息平台。这使得数字化变电站在系统可靠性、经济性、维护简便性方面均比常规变电站有大幅度提升。数字化变电站技术是变电站自动化技术发展中具有里程碑意义的一次变革, 对变电站自动化系统的各方面将产生深远的影响。

2.2 数字化变电站的模型

2.2.1 主要特征

数字化变电站是以变电站一、二次设备为数字化对象, 以高速网络通信平台为基础, 将物理设备虚拟化, 对数字化信息进行标准化, 实现信息共享和互操作, 满足安全可靠、技术先进、经济运行要求的变电站。

2.2.2 核心技术

(1)基于IEC61850标准的以太网通信技术

符合IEC61850标准的变电站通信网络和系统、智能化的一次设备(如电子式互感器、智能化开关等)、网络化的二次设备、自动化的运行管理系统。从长远发展来看, 面向数字化电网的需求, 数字化变电站技术还将涉及的内容有: 变电站之间、变电站与控制中心之间的信息交互技术, 信息安全技术, 广域同步采样技术、实时动态监测技术, 电能质量在线监测技术、实时分析技术, 以及一、二次系统的技术融合。

(2)电子式互感器

光电互感器是利用光学玻璃或光纤传感技术

万方数据

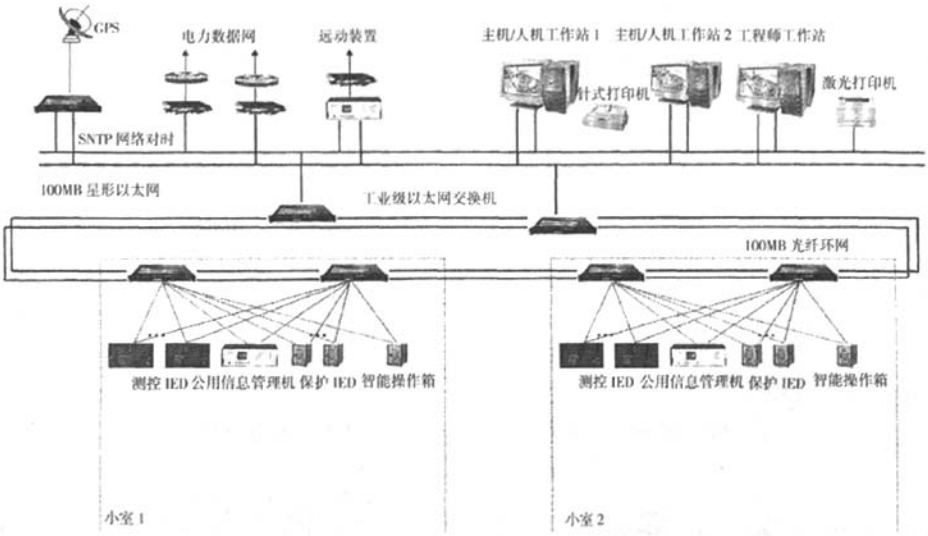

图 1 数字化变电站实施方案一

来实现电力系统电压、电流测量的新型互感器。它是光学电压互感器（OVT）、光学电流互感器（OCT）、组合式光学互感器等各种光学互感器的通称。所利用的物理效应也很多，如 Pockels 效应、Kerr 效应、逆压电效应、磁致伸缩效应、Farady 磁光效应、电热效应等类型。其中利用 Pockels 效应测量电压，利用 Farady 效应测量电流的方法最直接，且装置最简单、精度高。因此应用范围最广，研究力度也最大，是最具发展潜力的无源光电互感器。

2.2.3 典型方案

数字化变电站实施方案一如图 1 所示，数字化变电站实施方案二如图 2 所示。

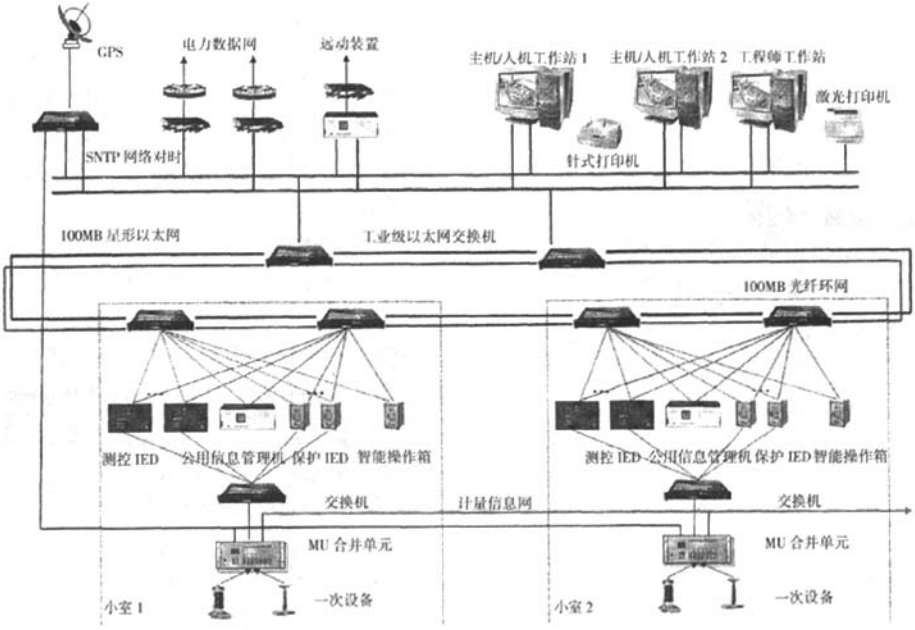

图 2 数字化变电站实施方案二

万方数据

2.3 数字化变电站的发展状况

近年来国内智能化一次设备产品质量提升非常快，从一些试运行站的近期反馈情况可以看出，智能化一次设备已经从初期的不稳定达到了基本满足现场应用的水平。工业以太网是随着微机保护开始应用于电力系统的，更是成为近几年的变电站自动化系统的主流通信方式。在大量的工程实践证明站控层与间隔层之间的以太网通信的可靠性不存在任何问题。而间隔层与过程层的通信对实时性、可靠性提出了更高的要求，但通过近两年的研究与实践，这一难点问题也已经解决。

2006 年以来，相继有采用 IEC61850 标准的变电站投入运行，从 110kV 到 500kV，从单一厂家到多家集成，国内对数字化变电站工程实践的探索正在向纵深发展。

目前我国投运的数字化变电站均以 IEC61850 为统一标准，但在对标准的理解、执行方面还需进一步统一规范。

3 采用数字化变电站技术的某公司 0# 变电站实例分析

3.1 系统架构

0# 变电站是某石化公司 110kV 电压等级的中央变电站之一，该变电站主要结构为：

①110kV 系统：进线 2 回，母线 3 段、主变 3 台，备用进线 1 回，PT 3 组，总共 11 个间隔；

②6kV 系统：进线 4 回，母线 4 段，出线共 40 回；

③联络线：5 回；

④智能设备：直流系统、小电流接地选线装置、消弧装置、火灾报警系统等；

⑤二级变电所：6kV 天然气变电所、6kV 硝酸变电所、6kV 合成氨变电所、6kV 丙烯酸变电所、6kV 尿素变电所、6kV 循环水变电所、1# 电站发电机系统、2# 电站发电机系统等。

3.2 系统配置

0# 变电站微机综保综合自动化系统采用测控装置和继电保护装置，主要有 6MD66 系列测控单元、7SD 系列距离保护、7UT 系列变压器保护、7SJ 系列馈线保护和配套智能设备，如 BP 型母差保护、直流系统、火灾报警系统等；系统实现了软件五防系统，接入了故障录波系统，预留了大屏幕投影等系统的通信接口，同时可接入下一级变电所系统，本变电站的信息可上传到某石化公司的变电站调度自动化系统和省级电力公司地调系统等。

0# 变电站综合自动化系统通过 GPS 硬对时方式，实现了系统内小于 1ms 的时钟精度，系统全部采用冗余的双以太网通信接口，实现了数字化技术的应用——该系统具有二层冗余联锁功能，第一层通过站控层后台系统完成全站联锁；第二层通过现场间隔层装置之间的以太网高速通讯实现信息共享，间隔层设备通过软件逻辑联锁实现“五防防误操作”功能，从而完成现场间隔层设备的联锁功能，具有很强的独立性和可靠性。系统配置图如图 3 所示。

3.3 系统特点

(1)技术领先

双以太网结构采用 IEC61850 系列标准，充分吸收了计算机信息处理中的面向对象模型技术，并通过抽象通信接口等方法进行层次型设计，使得变电站自动化系统相对其它变电站自动化系统在技术上更加领先。

(2)易扩展

双以太网结构采用 IEC61850 系列标准，使得将来设备的功能增加，也不会影响设备间的互操作性，保障了用户的利益；同时当变电站有新的设备加入时，只需更改变电站的配置文件，就可轻松实现变电站自动化系统的改造和升级。

(3)通用性

双以太网结构采用 IEC61850 系列标准，模型化技术和层次型设计结构，能及时容纳不断发展中的通信新技术，保证了标准在较长时间内具有良好的通用性。

(4)集控功能

0#110kV 变电站综合自动化系统同时作为集控中心，通过通信服务器接入：6kV 天然气变电所、6kV 硝酸变电所、6kV 合成氨变电所、6kV 丙烯酸变电所、1# 电站发电机系统、2# 电站发电机系统等，同时预留了下一级变电所（6kV 尿素变电所、6kV 循环水变电所等）的通信接口，实现了集中控制功能。

3.4 数字化技术应用分析

使用双以太网结构采用 IEC61850 系列标准，实现变电站自动化系统变电站层对间隔层数据监

万方数据

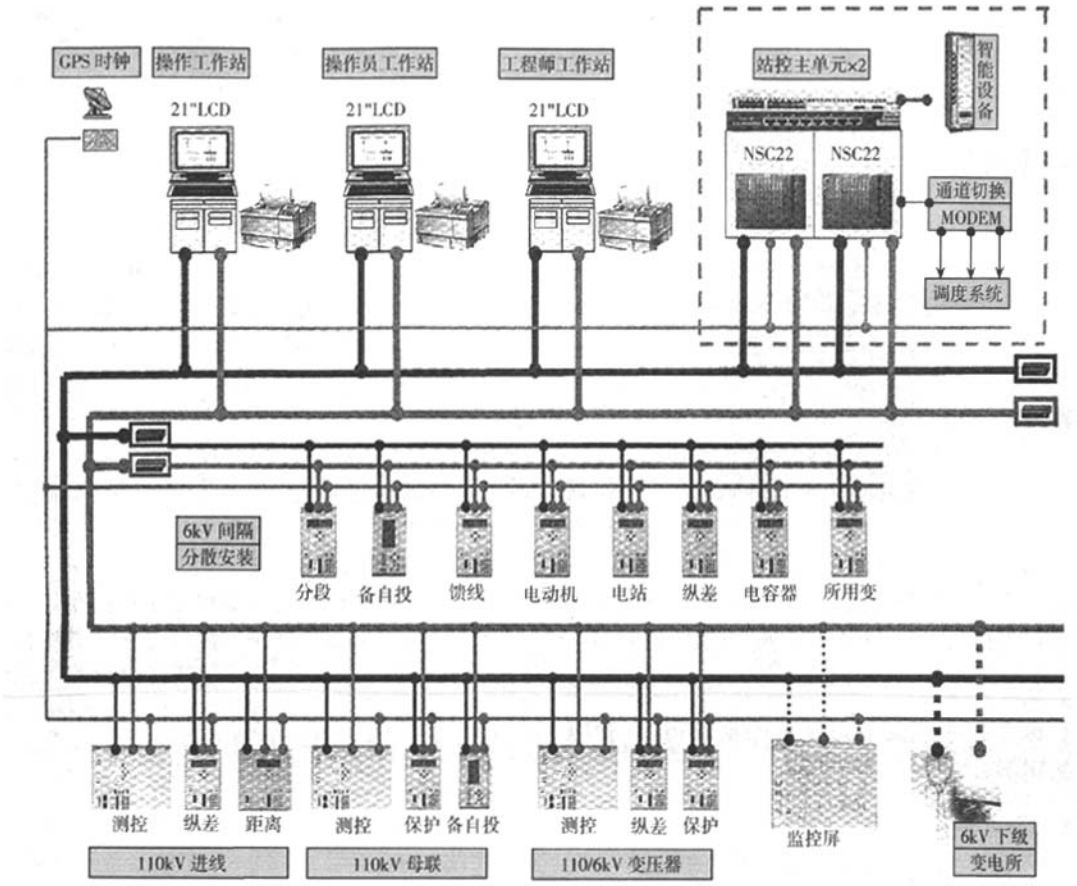

图 3 系统配置图

视和控制的作用;实现与用户的人机界面功能;配置成双机双工模式。

3.4.1 主要设备介绍

NSC2200 通信服务器如图 4 所示。

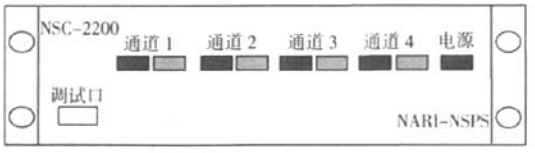

图 4 NSC2200 通信服务器

通信服务器平台是针对在电力等工业自动化控制领域中,通讯的方式多种多样、规约众多、集成组态方式复杂的状况开发出来的一套规约综合开发/运行/通讯平台。其基于 WindowsNT/2000 平台,具有规约开发、规约调试、数据存储区查看、转发表、通讯测试、遥控闭锁、规约库、通讯组态等多方面的功能。具有较强的运行稳定性和可靠性,直观的设置方式和较大的库存储及规约存储空间。软件在微软的 Visual C++5.0 下开发,规约开发也在 Visual C++5.0 下进行,用 Visual C++6.0 读一下工程文件可以方便地转化成 Visual C++ 6.0 的工程文件,可以保持编译器版本的向下兼容。

通讯管理软件以其强大的通讯组态功能,友好的人机界面,方便快捷的配置过程使其已广泛应用于电力系统变电站综合自动化领域,在与各 RTU、智能装置以及电力系统调度通讯方面发挥了重大的作用,其又由于低层提供的丰富接口通讯程序,从而可以适应于诸如 RS232、RS485、RS422、以太网 UDP、TCP 等各种方式下的通讯。本站内使用 IEC61850 通信协议,远方通信转换为 IEC60870-5-101/104 规约,实现变电站自动化系

万方数据

统变电站层与远方控制中心的接口功能；双机双工配置，由远方调度进行切换。如图 5 所示为 6MD66 测控装置。

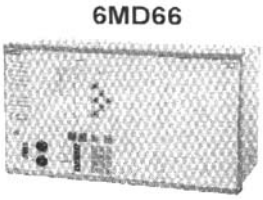

图 5　6MD66 测控装置

(1)6MD66 测控装置

使用 IEC61850 通信协议，实现间隔层数据采集和控制功能，集成 IEC61850 的 MMS 服务器模型，并具备 GOOSE 收发功能以实现间隔层联闭锁。

(2)高压设备继电保护装置

线路、主变等各类高压设备保护装置实现有关的继电保护功能，使用 IEC61850 通信协议与监控后台、保护信息子站以及远动服务器通信。

(3)低压设备保护测控装置

有线路、电容器、站用变压器等多种设备保护测控装置，实现完整的间隔控制器功能，直接通过 IEC61850MMS 服务和站控层设备通信。

(4)其它智能设备

通过 IEC61850 代理网关，实现直流屏、电度表等其它智能设备接入 IEC61850 系统。

3.4.2 双网冗余处理

IEC61850 把通信冗余完全交给通信网络去处理，后台监控系统使用双网双工模式和各间隔层装置通信，要求各间隔层装置需创建较多的报告控制块实例，监控系统计算机在双网上分别使能各自的报告控制块（在间隔层装置看来好像是独立两个客户端），发生事件时通过监控软件过滤掉重复部分，能实现双网之间的无扰动切换。

远动通信服务器的 CPU 处理能力相对较弱，如果采取和监控系统相同的办法处理重复数据将会导致负担过重，因此远动通信服务器对间隔层 IEC61850 通信使用了双网热备用模式。即双网同时建立 TCP 连接，但只在其中的一个网络上使用报告控制块，另一个热备用网络用遵循 IEC61850 规约的监视连接是否正常。一旦发现正常通信的主网络故障，远动装置将立即将热备用的网络切换为运行，重新使能报告控制块，利用装置内带的缓冲功能同样可实现网络切换期间重要的信号不丢失。如图 6 所示。

3.4.3 通过以太网实现间隔层联闭锁

间隔层联闭锁是以太网通信接口的一种典型应用，主要利用了其一发多收特性可实现各间隔层间水平的数据共享。测控装置、继电保护装置用于联闭锁的信息也实现了双网冗余，这种双网双工模式可保证网络故障时的无延时切换。如图 7 所示。

3.4.4 集控功能介绍

0#110kV 变电站下辖 1# 电站、2# 电站、7 变、苯胺、硝酸变电所；通过 1# 电站馈出的合成氨、尿素、循环水、天然气变电所；通过 2# 电站馈出的二氧化碳变电所。0#110kV 下辖的 6kV 变电所绝大部分都进行了微机综保改造，具有先进的微机综保综合自动化系统。为了优化资源、集中管理和减少夜班值班人员，提高工作效率，迫切需要把现有分散的变电所微机综保综合自动化系统集中联网监控，根据化肥 110kV 的供电系统现状，可以组成

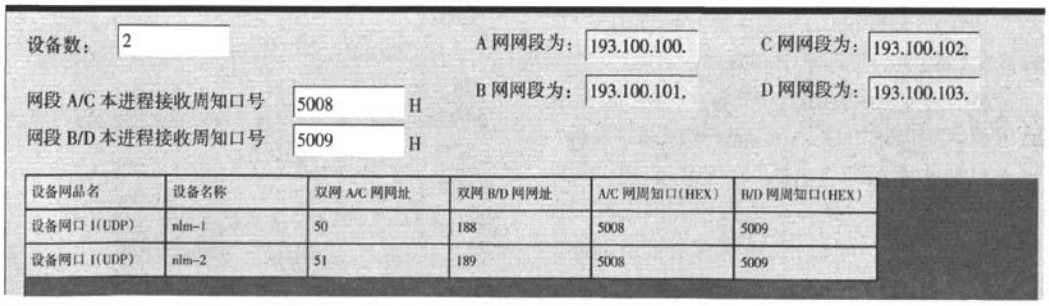

图 6　双网冗余控制

万方数据

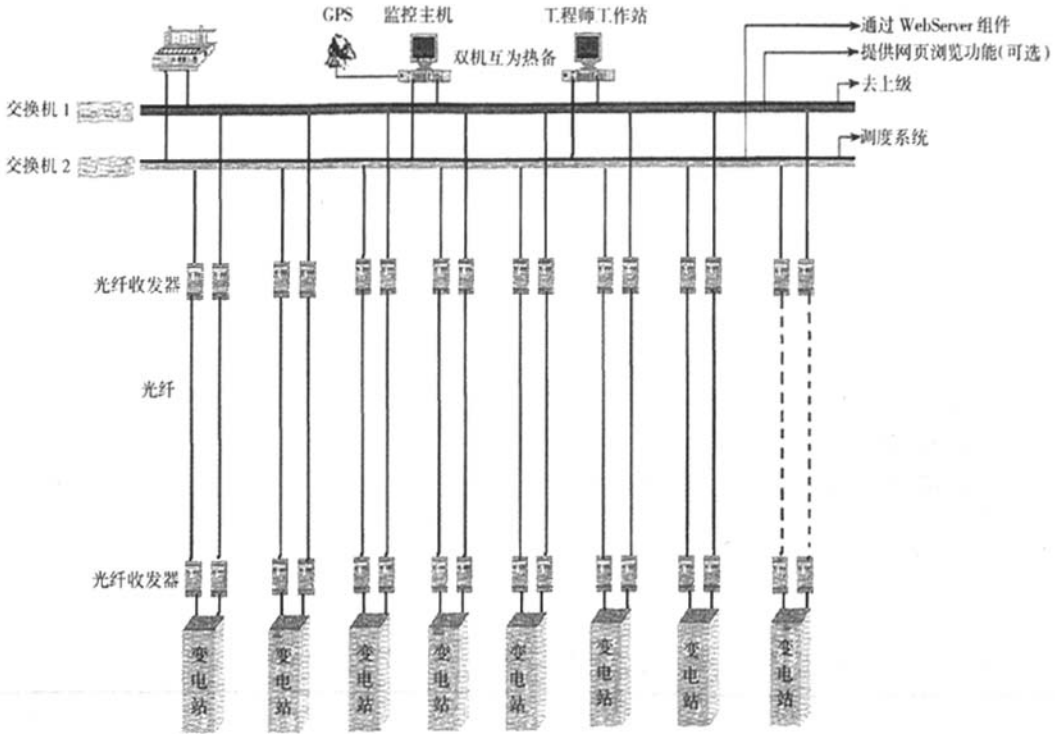

图7 通过以太网实现间隔层联闭锁控制

一个独立的微机综保集中监控系统，以便为下一步建立全厂的调度系统创造条件。

变电站集中监控系统主要是把包括110kV的现有变电所微机综保综合自动化系统作为子系统，通过光纤或屏蔽通讯电缆把它们联网集中监控。集控系统除具备向下监控的所有功能外，同时具备使用WEBSERVER的功能向厂内局域网上传变电站集中监控系统的实时监控信息，在厂内局域网上任何一台计算机不用安装监控软件，只需在IE浏览中输入相应集控系统的IP地址就可以查看对应的所有变电所的实时画面和即时数据，以提高全厂的生产管理水平和效率。

集控系统网络采用100Mbps双冗余的高速TCP/IP以太网通讯协议，保证系统通讯高速快捷。

考虑到部分6kV变电所没有进行改造，暂时无法进行通讯监控。集控系统预留有向下扩展监控更多变电所的通讯接口，还具有与上级调度等系统进行联网通讯的功能。

4 结束语

本文主要阐述了数字化变电站目前的发展状况，介绍了数字化变电站技术以太网通信协议实际的应用情况，数字化技术的应用在间隔层的闭联锁和站控层及集控系统的通信管理中，取得了较好的实际效果，提升了企业变电站管理的自动化水平。随着数字化变电站标准的不断完善，技术的不断成熟，数字化变电站将是变电站以后的主要发展方向。

参考文献：

[1]变电站综合自动化系统[M]. 北京:中国电力出版社，2004.

[2]西门子测控继电保护装置技术说明书. 南京中德保护控制系统有限公司，2006.

[3]全国电力系统控制及其通信标准化技术委员会电力标准[M]. 北京:中国电力出版社，2004.

作者简介：

周开颜，1991年毕业于甘肃工业大学工企电气自动化专业，曾任兰州石化公司石化厂电气车间技术员，现任兰州石化公司物资采购管理部电仪科主管。

收稿日期:2010-01-03

万方数据

数字化变电站技术应用研究

作者： 周开颜， 陈德洪， ZHOU Kai-yan， CHEN De-hong
作者单位： 兰州石化公司,甘肃,兰州730060
刊名： 电气传动自动化
英文刊名： ELECTRIC DRIVE AUTOMATION
年，卷(期)： 2010，32(3)
被引用次数： 0次

参考文献(3条)

1. 变电站综合自动化系统 2004

2. 西门子测控继电保护装置技术说明书 2006

3. 全国电力系统控制及其通信标准化技术委员会电力标准 2004

相似文献(10条)

1. 期刊论文 刘明.徐志.曹文斌.LIU Ming.XU Zhi.CAO Wen-bin 变电站的数字化趋势及其特点 -冶金动力2008(1)
在变电站自动化领域中,智能化电气的发展,特别是智能化开关、光电式互感器等机电一体化设备的出现,变电站自动化技术即将进入数字化新阶段.论述了数字化变电站自动化系统的特征、结构及功能划分等.

2. 期刊论文 王瑞.李晓华 变电站数字化发展研究 -中国电子商务2009(9)
在变电站自动化领域中,智能化电气的发展,特别是智能化开关、光电式互感器等机电一体化设备的出现,促使变电站自动化技术即将进入教字化新阶段.本文着重论述了数字化变电站自动化系统的特征、结构及功能划分等内容.

3. 期刊论文 杨文锋 深圳某变电站数字化改造工程应用技术 -数字技术与应用2010(8)
目前,数字化变电站正在我国进行试点开展,其技术也不断地发展成熟.数字化变电站是变电站的信息采集、传输、处理输出过程的全部数字化,理想的数字化变电站应基于IEC61850协议构建,采用光学或电学电子式互感器、智能化一次设备、网络化二次设备,实现站控层、间隔层、过程层之间完全网络化信息交换.基于电子式互感器和数字传输信号的数字化变电站技术的迅速发展,可以大大地简化原有常规变电站的二次回路,提高二次系统的整体运行水平.

4. 期刊论文 郭先平.李倩.许诺.Guo Xianping.Li Qian.Xu Nuo 光电互感器在变电站数字化间隔中的应用 -四川电力技术2009,32(4)
介绍了光电式电流电压互感器的优特点与基本原理,及其在变电站数字化间隔中的应用.

5. 期刊论文 封志玲.FENG Zhi-ling 关于智能变电站数字化站用电源交直流系统的研究 -科技情报开发与经济2010(15)
介绍了数字化站用电源交直流一体化系统的优点、构成原理及元件构成,指出站用电源一体化系统扩大了一次电能经电量变换器优化功率因数后输出带载的比例.提高了电能利用率.

6. 学位论文 杨正盛 简析变电站的数字化发展 2007
在变电站自动化领域中，智能化电气的发展，特别是智能化开关、光电式互感器等机电一体化设备的出现，变电站自动化技术即将进入数字化新阶段。变电站自动化技术经过十多年的发展已经达到一定的水平，在我国城乡电网改造与建设中不仅中低压变电站采用了自动化技术实现无人值班，而且在220kV及以上的超高压变电站建设中也大量采用自动化新技术，从而大大提高了电网建设的现代化水平，增强了输配电和电网调度的可能性，降低了变电站建设的总造价，这已经成为不争的事实。然而，技术的发展是没有止境的，随着智能化开关、光电式电流电压互感器、一次运行设备在线状态检测、变电站运行操作培训仿真等技术日趋成熟，以及计算机高速网络在实时系统中的开发应用，势必对已有的变电站自动化技术产生深刻的影响，全数字化的变电站自动化系统即将出现。
本文论述了数字化变电站智能化一次设备、自动化系统、通信系统的特征、结构及功能划分等，通过对变电站数字化发展，分析了变电站数字化发展方向，探讨了数字化变电站的建设方案，面临的主要问题及下一步要进行的主要工作。

7. 会议论文 王磊.罗杰.何斌斌.黄文武 基于IEC61850的变电站数字化实现与程序化操作 2007
IEC61850通讯协议作为基于网络平台的变电站自动化系统唯一国际标准,已经逐渐成为新一代智能数字变电站的标准通讯协议。包含IEC61850通讯协议、光电CT/TV和智能电气设备(IED)的完全数字化变电站将成为未来变电站的发展方向。基于变电站数字化平台的程序化操作,打破了传统的运行操作方式,从真正意义上实现了变电站的无人化,进而为解决当前运行人员严重短缺和变电站日益增多的矛盾,提高变电站的安全运行水平开辟了一条全新的出路。

8. 期刊论文 吴少华.WU Shao-hua 220 kV变电站数字化改造工程 -广东电力2010,23(6)
220 kV变电站数字化改造后体系结构分为站控层、间隔层、过程层,改造过程中应用的新技术主要包括电子式互感器、IEC 61850、智能操作箱和全站面向通用对象的变电站事件(generic object oriented substation events,GOOSE)网络.从改造工程的技术特点、改造中存在的问题、变电站数字化设备故障处理措施及测试、电子式电流互感器和电能表的测试等几个方面对220 kV变电站数字化改造工程进行了介绍.指出数字化变电站技术的应用仍处在工程实践阶段,一次设备的智能化和二次设备的网络化还有待进一步完善;IEC 61850未考虑网络安全性,其开放性给变电站网络安全带来隐患;应制定电子式互感器的试验标准.

9. 学位论文 苏小青 九江电网变电站综自系统的分析研究 2009
变电站综合自动化系统是利用先进的计算机技术、现代电子技术、通信技术和信息处理技术等实现对变电站二次设备(包括继电保护、控制、测量、信号、故障录波、自动装置及远动装置等)的功能进行重新组合、优化设计，对变电站全部设备的运行情况执行监视、测量、控制和协调的一种综合性的自动化系统。近几年来我国变电站综合自动化技术，无论从国外引进的，还是国内自行开发研制的系统，在技术和数量上都有显著的发展。
但工程实际当中，部分变电站综合自动化系统(尤其是第一、带二代综自系统)功能还不能充分发挥出来，存在问题较多，缺陷率很高，不能实现真正的无人值班，这有悖于变电站综合自动化发展的初衷。本文采取现场调查及资料查阅，主要针对综自变电站，尤其是江西九江供电公司变电站综合自动化系统的现状进行分析，可以通过一系列的改进措施使得变电站综合自动化的功能发挥的更好，如要求设备厂家认真执行统一技术标准、合理选择综自系

统的组织模式、加强相关专业的沟通与交流、强化培训变电运行人员的技术素质等。本文着重调查了最早进行综自改造的110kV毛家塘变电站综自系统(第一代综自系统)的现状，讨论采取一系列的改进措施充分发挥变电站综合自动化的功能。目前该建议已被公司采纳，实施110kV毛家塘变电站综自系统的改造在2009年10月12日正式开始。
在文章的最后，对变电站综合自动化以后的发展方向做了一些探讨：应该是朝着数字化、互动化、智能化、网络化、高可靠性的方向发展。

10.会议论文 金朝炜 数字化变电站在承德西地变改造中的应用 2007

本研究从数字化变电站的概念出发，阐述了数字化变电站的基本结构与相关技术特点，以承德西地变为例实际分析了数字化变电站的系统结构与组网模式。

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_dqcdzdh201003001.aspx
授权使用：东南大学图书馆(wfdndx)，授权号：f8173388-a413-4129-a4cb-9e8f01179ef0
下载时间：2011年2月19日