

供电企业岗位技能培训教材

G O N G D I A N Q I Y E

GANGWEI JINENG

PEIXUNJIAOCAI

电网自动化

山西省电力公司 组编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



供电企业岗位技能培训教材

电网自动化

山西省电力公司 组编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内容提要

《供电企业岗位技能培训教材》由山西省电力公司组织编写,内容涵盖了变电运行、线路运行与检修、变电检修、继电保护、电网调度、电网自动化、电力营销等专业领域。本套教材的编撰贯彻了“以现场需求为导向,以提高技能为核心”的指导思想,力求从实用角度出发,提高职工解决实际问题的能力,更适合一线职工学习和提高技能的需要。

本书为《电网自动化》分册,根据供电企业自动化专业人员应具备的岗位知识、工作技能素质要求进行编写。全书共分七章,主要内容包括:概述、电网调度自动化厂站端系统及设备、电网调度自动化的主站系统、调度模拟屏、不间断电源(UPS)、电网自动化的其他应用系统和常用工具的使用。每章后均附有复习思考题。

本书可作为供电企业自动化专业人员的岗位培训或自学教材,也可供相关专业院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电网自动化/山西省电力公司组编. —北京:中国电力出版社, 2009
供电企业岗位技能培训教材

ISBN 978-7-5083-8266-1

I. 电… II. 山… III. 电力系统—自动化技术—技术培训—教材
IV. TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 214106 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 5 月第一版 2009 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.25 印张 287 千字

印数 0001—3000 册 定价 26.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《供电企业岗位技能培训教材》

编 委 会

主 任 王抒祥

副主任 曹福成 胡庆辉 王礼田 (常务)

委 员 张兴国 史更林 康成平 张 强 魏 琦
陈佩琳 左德锦 张薛鸿 霍建业 张雅明
楼鸿平 褚艳芳 王康宁 张文芳 崔作让
卢保喜 燕争上 丁少军 张学荣 韩海安
张占彪 赵文元 史小报 杨宇松 刘随胜
王文贤 王爱寿

主 编 丁少军

副主编 张冠昌 牛泓生 郭林虎

编 委 杨 澜 韩亚娟 齐 玮

《电网自动化》编写组

组 长 燕争上

副组长 任 忠 张占彪 文建光 史庆寿 马 杰 张志荣

成 员 赵进斌 王志隆 贺润明 袁瑞军 李 华 王跃平

主 编 郭润生

参编人员 田义恒 贾建国 何彩红 韩 鹏 吴卓娟 王慧娟

张金晔 张 霞 谭俊伟

电力工业作为关系国计民生的基础能源产业,电网的稳定运行直接关系到国民经济的发展。2008年初的南方冰雪灾害更让人们深刻体会到电网的安全运行对人民群众日常生活的重要性。当前,电力工业已进入大机组、高参数、高电压、高自动化的发展时期,新技术、新设备、新工艺不断涌现,现代电力企业对职工的专业技能水平提出了更高的要求。要实现国家电网公司“一强三优”的企业目标,广大的电力工作者就必须不断地学习新技术、新知识、新技能,全面提高自己的综合素质。

山西省电力公司一直高度重视职工的教育培训工作,把该项工作重点纳入企业的发展规划当中,不断加大培训的投入力度,努力创建学习型企业。为适应新形势下员工培训的需求,使员工培训做到有章可循、有据可依,山西省电力公司组织编写了《供电企业岗位技能培训教材》,内容涵盖了变电运行、线路运行与检修、变电检修、继电保护、电网调度、电网自动化、电力营销等专业领域。本套教材的编撰贯彻了“以现场需求为导向,以提高技能为核心”的指导思想,力求从实用角度出发,提高职工解决实际问题的能力,更适合一线职工学习和提高技能的需要。同以往的培训教材相比,本套教材具有以下特点:

(1) 在整套教材的编写中突出了对实际操作技能的要求,不再人为地划分初、中、高技术等级,不同技术等级的培训可以根据实际情况,从教材中选取相关内容。在每一章结束时,均附有复习思考题,对本章的重点和难点内容进行温故,便于读者自学参考。

(2) 教材的编写体现了为企业服务的原则,面向生产、面向实际,以提高岗位技能为导向,强调“缺什么补什么、干什么学什么”的原则。

(3) 教材力求更多地反映当前的新技术、新设备、新工艺以及有关生产管理、质量监督和专业技术发展动态的内容。

《供电企业岗位技能培训教材》的编写人员主要由山西省电力公司的技术专家、多年从事教学工作的高级讲师组成,在编写前期经过了充分地论证,编写过程中经过了数次审定、多次修改,历时数月,终于告罄。在此,谨希望本套教材的出版,对广大电力职工技能水平的提高起到一定的指导作用,为建设“一强三优”的现代企业作出更大的贡献!

王抒祥

2008年8月

电网调度自动化系统是作为调度运行人员了解电网、指挥电网最为直接、有效的工具,其运行水平直接影响着电网的安全稳定,同时也影响着电网信息的管理水平。随着现代科技水平的不断发展,电网设备的科技含量在不断提升,变电站无人值班或少人值班已是当前及未来的必然趋势。这就给广大自动化专业人员提出了新的要求与课题,建设一支高素质的自动化专业队伍已经成为当务之急。

为此,我们组织部分专家和一线技术人员对自动化检修岗位“三应”(应知、应会、应有)要求、现代岗位实际需求以及从业人员技术技能现状进行了对比与分析,并以此为突破点编写了此教材。教材从大纲拟定、章节划分、分块编写至审定交稿,几经讨论,修改增删十余次,最终形成了与其他同类教材不同的风格与特色:

(1) 实用。全书内容立足于现场实际,突出重点,照顾一般,主要针对自动化专业现场工作人员应了解、熟悉、掌握的自动化专业知识来编写。为满足、提高现场运行操作实际技能的目的,将各类自动化设备的运行监视及事故处理等作为重点编写,适当增加了一线人员积累多年、业已推广的检修经验,实用性较强。

(2) 简明。教材内容选取时坚持“少而精、学则得”的原则,叙述开门见山、主题明确、重点突出。文词选用尽量使用规范用语,确保词句简明流畅、通俗易懂,便于组织培训教学与个人自学。

(3) 系统。教材从自动化专业的基础知识入手,由浅入深,不仅对自动化系统发展概况、当今国内主要采用的自动化主站、变电站自动化系统的原理和结构、运行管理技术、现场操作技能等进行了全面细致的介绍,还适当增加运行检修人员必备的一次系统与继电保护等专业知识,使其知识结构更为系统、全面。

(4) 先进。教材以当前电网中广泛使用的设备、系统为主,努力反映当今时代最高技术水平,同时适当选入介绍当前自动化专业运行管理中正逐步推广的新技术、新设备。

(5) 指导。教材编写紧贴企业生产经营实际,把握当前及未来一定时期专业技术发展方向。每章后均有复习思考题,可作为传授自动化专业基础知识、基本技能与开展业务素质考核的主要依据。

参加本教材编写与审定工作的人员均是从事自动化专业运行与检修工作多年的专业骨干,其中还有部分山西省电力技术院的技术、技能专家。

本教材的编写得到了中国电力出版社的大力支持,在此表示由衷感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中疏漏不足在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2008年8月

序

前言

第一章 概述	1
复习思考题	6
第二章 电网调度自动化厂站端系统及设备	7
第一节 变电站自动化系统概述	7
第二节 变电站自动化系统的功能及特点	8
第三节 变电站自动化系统的结构形式	15
第四节 变电站自动化系统的数据通信	19
第五节 变电站自动系统与无人值班	37
第六节 变电站自动化的发展趋势	40
第七节 变电站自动化系统的调试	42
第八节 变电站自动化系统的运行维护	46
第九节 变电站自动化系统典型应用案例	51
复习思考题	64
第三章 电网调度自动化的主站系统	65
第一节 概述	65
第二节 能量管理系统的硬件平台	65
第三节 能量管理系统的软件平台	70
第四节 能量管理系统的功能	74
第五节 能量管理系统的 Web 子系统	80
第六节 能量管理系统的高级应用软件功能	82
第七节 能量管理系统实时网络的安全及防护	95
第八节 能量管理系统的运行管理	97
第九节 能量管理系统的维护和调试	100
第十节 能量管理系统实训案例	101
复习思考题	122
第四章 调度模拟屏	123
复习思考题	127
第五章 不间断电源 (UPS)	128
复习思考题	139
第六章 电网自动化的其他应用系统	140
第一节 电力调度数据网络及其安全防护	140
第二节 调度员培训模拟系统 (DTS)	150
第三节 雷电定位系统	158

复习思考题.....	160
第七章 常用工具的使用	161
第一节 万用表的使用	161
第二节 示波器的使用	163
复习思考题	171
附录一 地区电网调度自动化系统设计规范	172
附录二 地区调度自动化人员岗位培训规范	178
缩写术语便览	183
参考文献	185



概 述

一、电力系统自动化的概念

电力系统是由发电厂、变电站及输配电线路等组成。系统的安全、稳定、经济运行的大部分工作是由调度控制中心通过对全系统的运行进行统一管理来完成的。随着系统容量的不断增大,装备水平的不断提高,电力系统的运行管理工作日趋复杂。

为了保证供电的质量和系统运行的可靠性及经济性,各级调度控制中心必须及时、准确地掌握系统全面的运行情况,并随时进行分析,从而作出正确的判断和科学的决策。必要时采取相应的措施,及时处理事故和异常情况,以保证电力系统安全、经济、可靠地运行。各级调度控制中心需要掌握的信息包括各发电厂和变电站的机组出力、主变压器负荷、母线电压和线路潮流等主要参数,同时还要收集主要设备的运行状态,如断路器的分合以及各种预告及事故信号等。最早这些工作都是靠调度员接听电话来完成的,每天由各厂、站的值班人员定时地轮流向调度控制中心报告相关参数。调度员参照这些资料,结合负荷预测情况,安排运行方式、检修计划及继电保护整定定值等,并且电话通知下属厂、站值班人员,以达到控制管理的目的。调度员通过电话所掌握的资料缺乏实时性,不能满足实时、安全、经济调度的要求。而且随着电网规模的不断扩大,调度控制中心要采集和处理的实时运行参数和状态信息数量越来越大,实时性要求越来越高。特别是在事故情况下,已经不能达到控制管理的目的。因此,电力系统为了在正常的运行管理及事故处理情况下提高效率,就必须依靠电力系统自动化。

电力系统中由高压电气设备通过连接线组成的系统称为一次系统。对一次系统进行监视、控制、保护、调度所需的自动监控设备、继电保护装置、远动和通信设备等组成的辅助系统称为二次系统。二次系统中的设备或装置常被称为二次设备或装置。而电力系统自动化是二次系统的一个组成部分,通常指对电力设备及系统的自动监视、控制和调度。电力系统自动化是一个总称,它分许多子系统,每个子系统完成一项或几项功能。从不同的侧面看,可以将电力系统自动化的内容划分为几个不同部分。按电力系统运行管理区分类,可以将电力系统自动化分为电力系统调度自动化、发电厂自动化和变电站自动化。电力系统调度自动化又可分为发电厂调度自动化、输电网调度自动化和配电网调度自动化。发电厂自动化又分为火电厂自动化和水电厂自动化。按电力系统自动控制的角度分类,可以将电力系统自动化分为电力系统频率和有功功率自动控制、电力系统电压和无功功率自动控制、电力系统安全自动控制、电力系统中的断路器自动控制等。

随着计算机技术、控制技术、通信技术和电力电子技术的不断发展,电力系统自动化的内涵或外延都发生了巨大的变化。电力系统自动化理论发展大体可以分为三个阶段:20世纪60年代以前处在经典电工理论阶段;70~80年代注入了电力系统分析与控制理论,形成了以计算机为基础的现代控制理论阶段;90年代以后注入经济理论,到达电力市场理论

阶段。

二、厂站自动化的发展概况

变电站内的设备相对比较简单,其自动化程度在过去较长的时间里相对比较落后,运行时主要靠人工监视和操作。

我国电力系统远动技术的发展起步于 20 世纪 50 年代,伴随着电子技术和计算机技术的发展,远动装置经过了几代的更新。从最初的继电器连接的有触点式,发展成晶体管的无触点式;从分立元件发展到集成电路;从硬件布线逻辑式远动装置发展到软件式远动装置。通过遥测、遥信采集装置,将几十、几百千米以外的测量值和断路器位置信号及时地传送到调度中心,并在电力系统模拟屏上显示出来。这对于监视和控制变电站系统的运行是一个十分有利的工具,它是实现电力系统实时调度和进一步实现调度管理自动化的基础。

我国远动技术就其发展过程来看,可归纳为四个时代:

第一代,以继电器为主要元件的时代。它的主要特点是采用有触点的继电器作为系统的主要部件,通过固定的逻辑来完成数据采集功能。由于它采用有触点的继电器装置,因此,维护量大,可靠性差。

第二代,以晶体管为主要元件的时代。20 世纪 60 年代初期,我国开始研制由晶体管构成的布线逻辑式远动装置。即电力系统曾广泛应用的 WYZ、SZY 型硬件式远动装置。由于采用无触点的晶体管作为系统的主要部件,可靠性较有触点的继电器装置有很大提高。此装置采用循环传送方式,同时简化了远动环节和保护电路。

第三代,以集成电路为主要元件的时代。到 20 世纪 70 年代初期,装置的电路逐步采用线路逻辑方式,并广泛采用了集成电路,从而出现了一批由集成电路构成的新型远动装置,使得在功能、容量、传输速度等指标方面都有所提高。

第四代,以微型计算机、大规模集成电路为主要元件的时代。随着微机监控技术在电力系统调度和电厂自动化中的应用,微机监测技术开始引入变电站二次系统之中,并出现了变电站微机监测装置,使得在变电站实现微机监测之后,变电站中控制、远动和继电保护也跟着出现了基于微机的装置,于是实现了变电站监视控制、远动和继电保护的微机化,使变电站的二次系统发生了一次重大变化。为了将这一阶段的变电站二次系统与传统的二次回路控制技术相区别,称基于微机的变电站二次系统为变电站自动化系统。

变电站自动化技术是在计算机技术和网络通信技术的基础上发展起来的。国外 20 世纪 80 年代已有分散式变电站自动化系统问世。我国变电站自动化工作起步自 20 世纪 90 年代开始,初始阶段主要研制和生产集中式的变电站自动化系统,如 DISA-1 型、BJ-1 型、IES-70 型等。20 世纪 90 年代中期开始研制分散式变电站自动化系统,如 DISA-3 型、BJ-3 型、CSC2000 型等。

变电站自动化系统实现了对全变电站的主要设备和输、配电线路的自动监视、测量、自动控制和微机保护,以及与调度通信等综合性的自动化功能,因此过去也称变电站综合自动化。采用变电站自动化系统,使得二次回路极为简洁,控制电缆大量减少,既可有人值班运行,亦可无人值班运行,这是今后各种电压等级变电站自动化技术的发展方向。

三、调度自动化的发展概况

电网调度自动化系统自诞生至今,经历了以下几个发展历程:

（一）从数据采集的监视控制系统向能量管理系统的发展

20 世纪 30 年代, 国外发达国家已经建立了调度中心, 用固定模拟屏和电话凭经验进行调度, 速度慢、时效性差; 40 年代, 开始将电网上各厂、站数据模拟显示到模拟屏上, 增强了感知力; 到了 50 年代, 为解决电网的工况监视和电网频率调整问题, 电网远动技术和自动调频技术开始发展。当时主要注意力集中在通过电网自动调频装置维持电网频率恒定和实现电网经济运行上, 但远动水平还不高, 多为模拟远动, 数量也不多; 除信息收集外, 对信息的监视、分析、决策、发令都是靠人。20 世纪 60 年代中期, 在美国东北部和加拿大部分地区大停电事故发生后, 各国电力公司分析了这一事故造成的危害, 感到多年的电网经济运行效益远抵不上一次大停电事故带来的损失, 纷纷将注意力转到保证电网安全上, 促使人们开始重视调度自动化问题。在 20 世纪 60 年代末和 70 年代初, 将计算机技术与远动技术相结合, 出现了电网调度监视控制与数据采集 (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA) 系统。第一套 SCADA 系统出现在美国设在温哥华的 Dittmer 控制中心, 这是电网调度自动化技术的第一次飞跃。在 SCADA 系统出现后, 先前由人工通过电话采集的发电机组及传输线的有功功率和无功功率、开关位置的采集、向各电厂发电机组发调节命令的功能分别由 SCADA 系统的遥测、遥信、遥控、遥调功能代替。原来由模拟计算机承担的电网自动调频和经济运行计算功能也由 SCADA 系统主站的数字计算机代替。因而在 SCADA 系统出现后不久, 电网自动调频和机组功率经济分配包括线损修正的主站端的自动发电控制 (Automatic Generation Control, AGC) 功能就完全集成到 SCADA 系统中, 从而形成 SCADA/AGC 系统, 这一过程在 20 世纪 70 年代早期就已经完成。

SCADA 系统给电网调度人员掌握电网实时运行工况及处理事故提供了极大的帮助, 但不能告知电网发生扰动 (断路器操作、事故跳闸) 时的后果。为保证电网的安全运行, 专业人员提出了将电网调度自动化系统从单纯的对电网运行的安全监视功能提高到对电网运行作安全预测的要求。

要实现对电网运行安全的预测, 需要对电网实时运行状态不间断地进行潮流计算、功角及电压稳定性计算, 分析电网在发生故障时稳定破坏的可能性。但要做到这一点并不像从远动系统到 SCADA/AGC 的发展那样简单。其一是由于电网实测数据因各种原因造成的误差, 导致潮流计算不收敛; 其二是功角和电压稳定计算还有快速算法未解决的问题。为解决这两个问题, 各国电力系统的学者经历了长期的努力, 开发了称为实时网络分析 (NA) 的电力高级应用软件 (Power Application Software, PAS)。其中包括网络拓扑、外网等值、可观察性分析、状态估计等一系列基础算法, 从而将实时采集到的生数据变为可靠的熟数据。同时开发了适用于不同类型电网参数的潮流计算方法, 从而解决了实时潮流计算的难题。随后又开发了电网 $n-1$ 静态安全分析的各种相关算法, 使电网因正常操作及事故跳闸的后果可通过实时网络分析预计出来, 调度员可据此来调整运行方式, 以保证电网的安全运行。电网实时计算功能集成至电网调度自动化系统, 使得电网调度自动化系统由监视系统 SCADA/AGC 发展到能量管理系统 (Energy Management System, EMS)。电网调度也由单纯依靠调度人员的经验来保证电网安全运行的经验型调度提高到对电网进行分析计算, 以保证电网安全运行的分析型调度, 这是电网调度自动化技术发展中的第二次飞跃。在 20 世纪 70 年代, 这一过程国外大约花了 10 年的时间开发并开始工程实践, 但对第二个问题花去了更长的时间去进行探索, 从而出现了快速计算功角稳定分析的暂态能量函数法 (美国)、势能边

界法（日本）等各种学派，但从理论到实践均尚未完全解决这一难题。20 世纪 80 年代后期，我国学者薛禹胜院士提出了扩展等面积法（Extended Equal Area Criterion, EEAC）。扩展等面积法将电网大扰动时多机系统的发电机功角摆动关系归结为同调的两机群关系，从而将复杂的多机功角摇摆的微分方程简化成代数方程，并提出了在电网事故跳闸后电网结构变化时，自动搜索两机群的动态 EEAC 等一系列算法。经过工程实用中的不断完善，20 世纪 90 年代初，基于 EEAC 暂态功角安全分析软件包在我国东北电网投入使用。90 年代末，快速动态电压稳定计算及安全调度分析计算方法问世，将其在线化后，综合到能量管理系统中，构成在线动态、电压安全分析。用以预测电网中各节点在不同运行方式下的电压稳定裕度，并可指出调整电网中无功电源出力 and 措施。功角稳定及电压稳定的安全预测功能的开发，使能量管理系统的实时安全分析功能完整化。

EMS 的出现，为 20 世纪 70 年代末开发的独立的调度员培训仿真器（Dispatcher Training Simulator, DTS）集成到 EMS 中提供了条件。DTS 与 EMS 相结合后，可共享系统中 SCADA 的实时数据。用实际电网的场景来培训调度员，从而大大发挥了 DTS 的作用，提高了调度员正常运行和事故处理的能力。DTS 集成到 EMS 的一个子系统，是在 20 世纪 80 年代完成的。

在 EMS 实时安全分析功能发展的同时，电网调度的另一重要分支——发电计划功能在算法上也得到了快速的发展，包括负荷预测、开停机计划、优化潮流计算、无功电压优化、水电计划、水火电联合经济调度等。

（二）调度自动化系统的构成从集中式到分布式的发展

20 世纪 90 年代以前，调度自动化系统的应用功能不断发展和综合，但其系统体系结构本身一直停留在以专用计算机及操作系统为基础的集中式体系结构上。随着电网规模的不断扩大和调度自动化系统相应的发展，集中式体系结构已无法满足要求，并存在如下严重不足：一是扩充数据量和增加新的应用软件及功能时，主计算机负担越来越重，响应速度不断降低；二是各种应用必须在一个机房中进行，限制了更多人员的应用；三是计算机改型时 EMS 的软件资源及历史数据很难得到有效保护。为解决这些问题，基于 20 世纪 80 年代后期国际开放式计算机技术的出现，90 年代开始，各国 EMS 的开发商都转向基于国际开放式计算机操作系统、图形系统及网络系统的分布式结构，这是电网调度自动化体系结构的重大发展。

由于应用功能的不断集成和新功能不断开发，EMS 所用计算机系统的操作系统、图形系统、网络通信系统的日益复杂，要求开发人员在精通计算机技术、网络通信技术和 EMS 技术之后再开发应用功能是不现实的。为保证应用开发人员能将所开发的应用软件较方便地集成到 EMS 中，将 EMS 的软件结构设计成多层次软件结构，即在应用层与计算机操作系统内核层之间增加一个支持软件层，这是开放式系统的重要标志。其主要组成部分是数据库管理系统、图形管理系统和网络通信管理系统三部分。采用该结构可使应用功能开发人员集中力量研究和开发应用软件，而无需研究计算机操作系统本身，从而方便了应用开发人员的工作。

在开放式 EMS 的开发过程中，除了全系统的可靠性设计外，还有两个重要问题是用户关注的，即系统的可扩展性和系统的可维护性。国内外的 EMS 开发商都在改善管理软件和降低局域的负载上做工作，以实现系统的可扩展性。系统的易维护性方面，国内的开发工作

已走在国外的前面,突出的例子是国内称为“图模库同步生成”,国外公司称为“图像数据登录(Graphic Data Entry)”的维护工具软件。ABB公司在1999年的香港CLP工程中完成了这一工具的工程应用,而国内在1996年就已投入实用。

四、电力系统自动化的发展与展望

(一) 基于GPS统一时钟的新一代EMS

目前应用的电力系统检测手段,主要有记录系统暂态过程的各种故障录波仪和对系统稳态运行情况进行监视控制的SCADA系统。前者记录数据时间较短,且不同记录仪之间缺乏通信,难以对系统的整体特性进行分析。后者数据刷新间隔较长,只能用于分析系统的稳态特性。两者还具有一个共同的不足,即不同地点之间的数据缺乏准确的时间标记,记录数据只是局部有效,难以用于对全系统动态行为进行分析。

近年来,全球卫星定位系统(Global Position System, GPS)技术在电力系统中开始推广使用,它为电力系统提供了较为方便的全网统一时钟信号,其定时精度小于 $1\mu\text{s}$ 。给实测数据加上时间标签,就可以实现异地数据在相同的时间参考坐标系中进行比较。GPS系统的出现及其在电力系统中的应用,使电力系统的运行人员和科研人员,首次得以在时间和空间两维坐标下实时地研究和观察动态问题,具有十分重要的意义。

迄今为止,GPS技术、数字信号处理(Digital Signal Processing, DSP)技术、现代通信技术、电力系统电量动态测量技术,以及电力系统在线参数识别等关键技术的发展,已经使EMS系统有条件对运行中的电力系统实现整体动态检测,从而可使已有的状态估计及安全分析等功能发展为动态检测、分析或控制的工具。

(二) 基于GPS的新一代电力系统实时动态监测系统(WAMS)

基于GPS的新一代动态安全监控系统,是新的动态安全检测系统与原有SCADA系统的结合。电力系统新一代动态安全检测系统,主要由同步定时系统、动态相量测量系统、通信系统和中央信号处理机四部分组成。采用GPS实现的同步相量测量技术和光纤通信技术,为相量控制提供了实现的条件。GPS技术与相量测量技术结合的产物——相量测量单元(PMU)设备,实现电压、电流相量的测量(相角和值)。

(三) 全数字化的变电站自动化系统

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的检测、变电站运行操作培训仿真等技术的日臻成熟,以及与之相关的计算机高速网络在实时系统中的开发应用,全数字化的变电站自动化系统已开始进入实用化阶段。

全数字化的变电站自动化系统具有如下特点:

(1) 一次设备智能化。一次设备被检测的信号回路和被控制的操作驱动回路采用微处理器和光电技术设计,简化了常规机电式继电器及控制回路的结构,数字公共信号网络取代传统的导线连接。换言之,变电站二次回路中常规的继电器及其逻辑回路被可编程程序代替,常规的强电模拟信号和控制电缆被光电数字和光纤代替。

(2) 二次设备网络化。变电站内常规的二次设备,如继电保护装置、防误闭锁装置、测量控制装置、远动装置、故障录波装置、电压无功控制、同期操作装置以及正在发展中的在线状态检测装置等全部基于标准化、模块化的微处理器设计制造。设备之间的连接全部采用高速的网络通信。二次设备不再出现常规功能装置重复的I/O现场接口。通过网络真正实现数据共享、资源共享,常规的功能装置在这里变成了逻辑的功能模块。

(3) 运行管理自动化。变电站运行管理自动化系统应包括：电力生产运行数据和状态记录统计；数据信息分层、分流交换自动化；变电站运行发生故障时能即时提供故障分析报告，指出故障原因，提出故障处理意见；系统能自动发出变电站设备检修报告，即常规的变电站设备“定期检修”变为“状态检修”。

随着计算机技术、控制技术及信息技术的发展，电力系统自动化面临着空前的变革。信息技术的发展，不仅会推动电力系统监测的发展，也会推动电力系统实时闭环自动控制发展到一个更高的水平。

复习思考题

1. 请你从不同的角度说出电力系统自动化的分类情况（分别从电力系统运行管理区、电力系统自动控制的角度分类）。
2. 我国远动技术就其发展过程来看，经历了哪几个时代？
3. 简述电网调度自动化系统自诞生至今，经历的几个发展历程。
4. 请你说出全数字化的变电站的几个特点。
5. 推动电网调度自动化系统不断发展的因素有哪些？



电网调度自动化厂站端系统及设备

电力系统由调度中心对全系统的运行进行统一的调度管理。调度中心需要采集和处理的数据数量多,实时性要求高。要实现电网调度自动化,首先要采集实时数据,对电网的运行状态进行实时监控。

调度自动化系统厂、站端设备是电力系统调度自动化的基础,可为调度中心采集实时数据,并实现对远方设备的监视和控制,是电网调度自动化系统的重要组成部分。

随着我国国民经济的快速增长,电力系统也获得了前所未有的发展。常规远动系统已经远远不能满足现代电力系统管理模式的需求。相反,随着微电子技术、计算机技术和通信技术的发展,变电站自动化技术在电力行业中引起了越来越多的重视,并逐渐得到了广泛应用。

本章重点介绍变电站自动化系统及设备的相关知识。

第一节 变电站自动化系统概述

变电站自动化是利用先进的计算机技术、电子技术、通信技术和信号处理技术,实现对变电站主要设备和输、配电线路的自动监视、测量和控制,以及与调度通信等综合性的自动化功能。变电站自动化系统可以采集到比较齐全的数据和信息,利用计算机的高速计算能力和逻辑判断功能,可方便地监视和控制变电站内各种设备的运行和操作。

变电站自动化系统具有许多原来变电站常规的二次系统所不具备的优越性,因此,“变电站自动化”技术在电力行业中得到了越来越广泛的应用。与变电站常规二次系统相比其优越性主要表现在如下几个方面:

(1) 变电站自动化系统利用当代计算机技术和通信技术,改变了传统的二次设备模式,实现了信息共享,简化了系统配置,减少了连接电缆,减小了占地面积,降低了工程造价,改变了变电站的整体面貌。

(2) 提高了自动化水平,减轻了值班员的操作量,减少了维修工作量。由于在变电站自动化系统中,各子系统有故障自诊断功能。系统内部有故障时能自检故障部位,从而缩短了维修时间。微机保护和自动装置的定值又可在线读出检查,可节约定期核对定值的时间。而监控系统的抄表、记录自动化,使值班人员不必定时抄表、记录,可实现少人值班。如果配置了与上级调度的通信功能,具备遥测、遥信、遥控、遥调功能,可完全实现无人值班,达到减人增效的目的。

(3) 提高变电站的可控性,同时提高变电站运行的安全、可靠水平。微机保护装置和微机自动装置具有故障自诊断功能,使变电站一、二次设备的可靠性大大提高。

(4) 采用无人值班管理模式,可以提高劳动生产率,同时也提高了变电站的运行、管理

水平。变电站实现自动化后,监视、测量、记录、抄表等工作都由计算机自动进行,既提高了测量精度,又避免了人为的主观干预,从而减少了人为误操作的可能。变电站自动化系统具有与上级调度通信功能,可将检测到的数据及时送往调度中心,使调度员能及时掌握各变电站的运行情况,并对其进行必要的调节和控制,且各种操作都有事件顺序记录可供查阅,大大提高了运行管理水平。

(5) 提高供电质量和提高电压合格率。变电站自动化系统中包含有电压、无功功率自动控制功能,对于具备有载调压变压器和无功功率补偿电容器的变电站,可以大大提高其电压合格率,保证电力系统主要设备和各种电器设备的安全,使无功功率潮流合理,降低网损。

◎ 第二节 变电站自动化系统的功能及特点

变电站自动化系统的主要功能包括电气量的采集和电气设备的状态监视、控制和调节。只有实现变电站运行的监视和操作,才能保证变电站的正常运行和安全。发生事故时,由继电保护和故障录波等设备完成瞬态电气量的采集、监视和控制,并迅速切除故障,同时完成事故后的恢复正常操作。从长远看,还应包括高压电器设备本身的监视信息,如断路器、变压器和避雷器等设备的绝缘状态监视等。

一、基本功能

国际大电网会议 WG34.03 工作组在研究变电站的数据流时,分析了变电站自动化系统需要完成的功能大概有 63 种,归纳起来可分为以下功能组:控制、监视功能,自动控制功能,测量表计功能,继电保护功能,与继电保护有关的功能,接口功能,系统功能。

具体来讲,变电站自动化系统的基本功能主要包括以下几个方面:

(一) 站内监控系统

监控子系统取代了常规变电站的测量系统和指针式仪表,改变了常规的操动机构和模拟屏,取代了常规的告警、报警、中央信号、光字牌等,取代了常规的远动终端装置等。监控系统包括以下几部分:

1. 数据采集

变电站的数据包括模拟量、开关量和电能量。

(1) 模拟量的采集。变电站需要采集的模拟量有:各段母线电压、线路电压、电流、有功功率、无功功率;主变压器电流、有功功率和无功功率,电容器的电流、无功功率,馈线电流、电压、功率以及频率、相位、功率因数等。此外,模拟量还有主变压器油温、直流电源电压、站用变压器电压等。

1) 采样原理。对于这些不同模拟量的采集,均是将电力系统的一次高电压和大电流信号,经过一个小电压互感器或小电流互感器,变换成 A/D 转换器件所能接受的交流信号后,再经 A/D 转换来实现的,如图 2-1 所示。在交流采样过程中,对于有功功率和无功功率,是通过采样得到的 U 、 I ,从而计算出 P 、 Q 。

2) 采样定理。一个随时间连续变化的物理量 $f(t)$,如图 2-2 (a) 所示。经过采样后,得到一系列的脉冲序列,它是离散的信号,称为采样信号,如图 2-2 (c) 所示。

根据 Shannon 定理:如果随时间变化的模拟信号(包括噪声干扰在内)的最高频率为 $f_{\max}$,只要按照采样频率 $f \geq 2f_{\max}$ 进行采样,那么所给出的样品系列 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ 、 $\dots$,就