



THE 28th
CONFERENCE OF
CHINA ELECTRIC POWER
CONTROL AND OPERATION
THESIS FLORILEGIUM

第二十八届 中国电网调度运行会议 论文选集

第二十八届中国电网调度运行会技术委员会 编

2003·北京



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

THE 28th
CONFERENCE OF
CHINA ELECTRIC POWER
CONTROL AND OPERATION
THESIS FLORILEGIUM

第二十八届 中国电网调度运行会议 论文选集

第二十八届中国电网调度运行会技术委员会 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

第二十八届中国电网调度运行会共收到来自电网调度运行管理、电力科研、电力设计制造、发电厂、大专院校及有关行业的论文 442 篇, 根据评审专家意见, 从中选出 148 篇论文向大会推荐交流, 并将其编辑成《第二十八届中国电网调度运行会议论文选集》, 印刷出版, 供大家阅读、交流和收藏。本书内容涵盖电网调度、系统运行、继电保护、电网调度自动化、电力通信、电力市场、水电调度等专业, 主要讲述了对电网运行经验的总结和提升, 重大疑难问题的分析及解决方案, 新技术开发和推广, 新设备研制和应用, 重点热点问题的探讨和争鸣, 从一个侧面体现了我国电网调度运行各专业的技术状况及学术水平。

本书可供电网调度、运行方式、继电保护、电力市场、调度自动化、电力通信、水电调度等专业的技术人员及相关专业的大中专院校师生参考。

第二十八届中国电网调度运行会议论文选集

第二十八届中国电网调度运行会技术委员会 编

*

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>)

汇鑫印务有限公司印刷

*

2003 年 10 月第一版 2003 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 61 印张 1510 千字

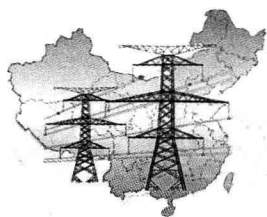
印数 0001—1600 册

*

书号 155083·872 定价 109.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)



前言

第二十八届中国电网调度运行会议于2003年10月21~23日在北京举行。本届大会共收到来自电网调度运行管理、电力科研、电力设计制造、发电厂、大专院校及有关行业的论文442篇,其数量之多超过了历届。论文的学术范围涵盖了电网调度、系统运行、继电保护、电网调度自动化、电力通信、电力市场、水电调度等专业,论文内容涉及对电网运行经验的总结和提升,重大疑难问题的分析及解决方案,新技术开发和推广,新设备研制和应用,重点热点问题的探讨和争鸣,从一个侧面体现了我国电网调度运行各专业的技术状况及学术水平。技术委员会对每位踊跃投寄论文的作者给予大会的积极支持和参与表示感谢,并对他们为我国电网运行技术的发展做出的贡献表示敬意。

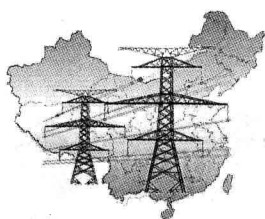
技术委员会组织专家根据论文的学术水平,从全部应征论文中评选出301篇论文作为大会收录论文,刻录成光盘,以方便和促进论文的交流。根据评审专家意见,从中选出148篇论文向大会推荐交流,并将其编辑成《第二十八届中国电网调度运行会议论文选集》,印刷出版,供阅读、交流和收藏。论文选集中还收录了技术委员会所属各专业工作组撰写的专业综述,较详细地阐释了本专业近两年的技术发展状况、存在的问题及近期发展重点。

在选集编辑过程中,对少数篇幅过长的论文,在不影响其观点阐述的前提下,对文字作了精简压缩,特此说明。

技术委员会感谢作者、编辑人员在本届会议期间和论文辑录工作中给予的支持。

第二十八届中国电网调度运行会技术委员会

2003年10月



目 录

前言

电网调度

电网调度专业综述	1
国调智能化调度操作票管理系统	2
东北、华北电网联络线(绥姜线)潮流分析	7
发电设备可靠性管理在“三公”调度中的应用	13
华东电网一次调频在电网运行中的作用及性能分析	19
“7.29” 500kV 昌平站电流互感器爆炸事故分析及相关问题探讨	24
京津唐电网调峰问题浅析	29
火电机组一次调频功能的设计与实现	34
实时电网事故预警的研究与应用	39
三峡——华东 HVDC 辅助功率/频率控制的研究	44
华东电力系统黑启动方案研究	49
浅析 DTS 系统在大规模电网联合反事故演习中的应用	57
河南电网“9.17”事故处理及分析	63
发电机组一次调频调节效能实时测定及补偿方法研究	71
东北网调调度员培训考试题库系统的开发与应用	76
从“经验型”调度到“分析型”调度转变中出现的若干问题探讨	81
电网数字调度新时代	86
DTS 联网技术与调度员联合培训仿真系统研究	91
电网调度运行知识库管理系统	97
桓仁地区电网黑启动分析	107
辽宁省调检修票管理系统的开发与应用	112
电力市场形势下的电网调度	118
基于 DTS 的调度操作票自动生成与安全校核系统	123
设备改造后有关一次操作及保护测试的简化方案	128
无功功率控制在直流输电中的应用	136
无功功率控制在直流输电中的应用	141

运行方式

运行方式专业综述	147
运行方式专业综述	148

二滩水电厂低频振荡现象及根源分析	153
浙江电网实时 VSA 软件的开发与应用	158
直流调制改善交直流并联系统暂态稳定性的研究	166
大电网低频减载参数整定的优化	173
河南电网实测负荷参数及其对稳定的影响	179
电力系统低频减载方案计算与校核软件的设计与实现	187
在线静态电压稳定分析软件的开发与应用	193
电力系统综合计算软件 IMPACT—利用信息技术改进数据处理	199
三峡送电后华东电网交直流系统相互作用特性分析	206
福建—华东联网联络线功率振荡问题的研究	213
福建电网自动电压控制 (AVC) 系统主站软件开发与应用	219
山东与华北电网互联低频振荡问题的分析研究	226
基于全局模式的无功电压控制	233
PSS/E 的直流系统模型及其仿真研究	239
南方电网低频振荡特性的分析研究	246
陕西电网小干扰电压稳定性分析	254
对黑龙江省哈西变电所负荷模型的在线测辨研究	261
黑龙江电网投入电力系统稳定器 (PSS) 的稳定性分析	266
电力系统动态过程监测问题	273
安徽电网调度运行的概率充分性分析	280
分层分区在浙江电网的应用	286
神朔电铁负序、谐波问题的研究及 SVC 静补装置的应用	290
发电机励磁系统实测建模与应用	297
应用实测负荷模型的沙岭—昌平 500kV 线路暂态稳定计算	302
在线动态安全分析系统设计	307
华北电网开展发电机励磁系统参数测试辨识工作综述	314
AVC 系统方案的研究和实践	319
甘肃电网海—金—嘉系统电压稳定性研究与应用	326
华东电网励磁实测模型校核研究	336

继电保护

继电保护专业综述	344
同杆双回线的继电保护及重合闸	350
基于非同步故障稳态量的超高压远距离输电线路双端故障定位研究	357
变电所二次系统一体化中的继电保护展望	368
绥中厂“4.1”事故分析	375
可变特性突变量距离继电器	381
“智能化电网故障分析与保护整定综合管理软件”在浙江电网的应用	383
220kV 电网线路后备保护整定原则的探讨	388

福建电网变压器事故分析及相关继电保护对策	392
丰万顺串补工程对周围电网继电保护的影响分析	396
继电保护在电网大面积污闪期间少见动作行为分析	401
微机型电力线路工频参数测量装置的开发与应用	405
电力系统暂态仿真中自耦变压器模型的研究	410
四川 500kV 洪龙同塔双回线路保护研究及工程实施	417
对继电保护及故障录波信息系统的框架结构的探讨	425
七民线 AC 相允许式微机高频保护误动原因分析	431
区外故障变压器差动保护误动原因的分析与防治	436
电网操作和设备投运等过渡运行方式下的继电保护问题分析	441
一起电压互感器二次回路多点接地影响不同原理微机线路保护动作行为 的事故分析	451
微机保护采样数据异常问题的分析与对策	455
微机线路保护运行的对比分析	459
开放式的继电保护动态特性仿真系统	464
重庆电网继电保护故障信息处理系统的实践	470
基于网络的继电保护整定和短路电流计算程序设计	475
从区外发展性故障引起变压器损坏分析完善变压器保护配置的措施	483
2002 年全国电网继电保护与安全自动装置运行情况	486

电力市场

电力市场专业综述	496
辽宁省发电市场下的 AGC 机组调配方案研究	506
基于委托方式的电力市场运作研究	512
基于容量与电量的统一补偿型无功电力市场	518
电力市场中安全电价理论研究	526
电力市场条件下的输电定价与监管	534
CPS 在线计算的递推算法	542
南方区域电网电力合约交易研究	549
基于 CPS 标准的 AGC 控制策略研究	555
电力市场中的节点电价、转运电价和其分色原理	562
考虑动态电压稳定约束的互联系统间有效输电能力计算	570
考虑可中断负荷参与的系统备用容量决策	576
基于 J2EE 架构的电力市场运营系统	581
论西北区域电力市场运营模式	588
西北区域电力市场建立之难点分析	596
关于电力系统静态调节效应系数 K 和一分钟频率偏差 ϵ_1 对 CPS1 指标影响的分析	603
互联电网 CPS 控制策略研究和实施	611

基于数据挖掘技术的短期负荷预测算法	617
潮流追踪的一种新算法	622
主辅电力市场均衡过程的动力学系统	629
丰枯、峰谷电价机制下电厂合同电量分解原则与算法	634
短期负荷预测中的决策树建模与应用	640
电力系统负荷概率预测研究	646
浅谈东北电力市场与相应调度模式	652

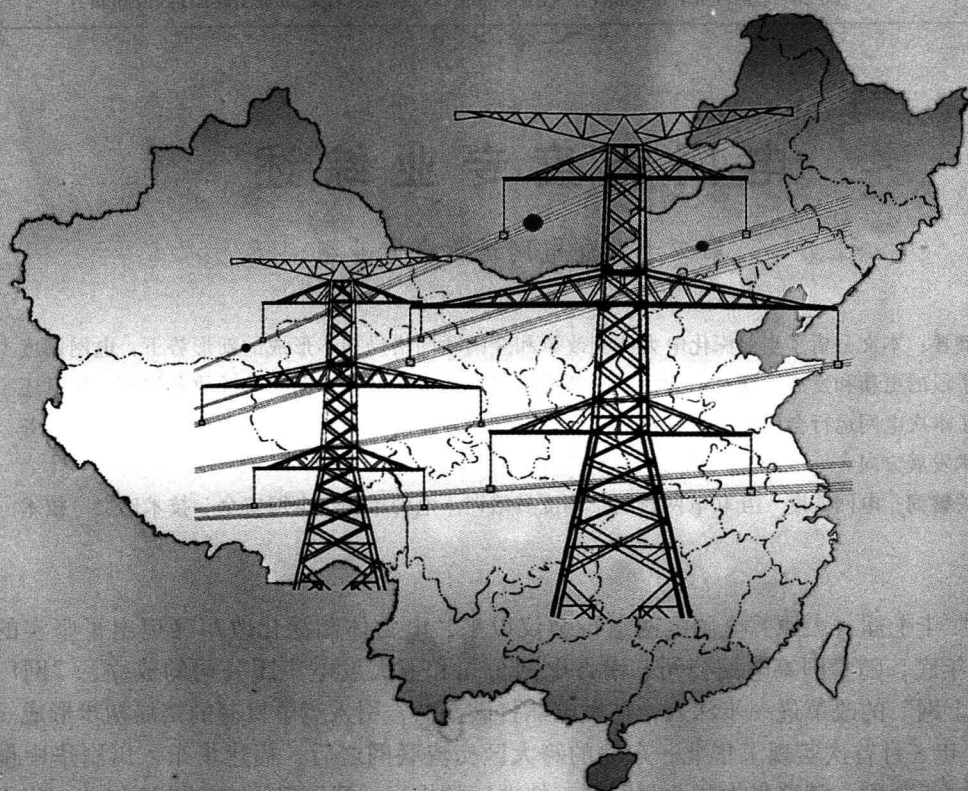
调度自动化

电网调度自动化专业综述	657
国家电力调度数据网组网研究	658
安徽电网自动电压控制 (AVC) 系统设计及实现	666
电力系统运行中 AGC 调节需求的分析	674
基于 MMS 的 TASE.2 协议调度自动化系统间实时网络通信的实现	681
互联电网 AGC 分层控制与 CPS 控制策略	688
东北网调自动化综合监控系统的建设	695
调度管理信息系统软件构架的新模式	701
大、中型水电站参加电网 AGC 运行的安全问题分析及其处理原则	707
Web Service 技术在电力市场技术支持系统中的应用	714
《电力系统电能累计量传输配套标准》DL/T 719—2000 在电能量计量系统 中的应用	719
MPLS/VPN 电力调度省网与国家电力调度骨干网连接的几点思考	724
基于面向对象技术的事件追忆系统设计	729
与应用端系统无关的电力调度实时数据计算机网络传输方案	733
互联电网 CPS 标准下 AGC 控制策略选择分析	738
东北电网 A 标准 AGC 模式应用于 CPS 标准分析	744
新一代 EMS 基本功能需求的探讨	749
入侵检测系统在电力调度系统中的应用	754
江苏电网调度管理信息系统建设方法研究	759
福建省调 DTS 系统的网络方案	763
基于 GPS 的全网运行状态实时监视与控制系统	768
新形势下电网调度自动化专业管理思路的探讨	774
基于消息机制的电力应用系统整合方案	780
电力二次系统的安全防护策略分析	785
电力调度大楼接地系统的设计与实现	790
具有检同期合闸功能的变电所测控装置	794

电力通信

电力通信专业综述	805
电力通信专业综述	806

OPGW 的热稳定性分析	818
电力光纤通信网的规划与建设	826
继电保护通道的发展与安全策略	832
对在电力交换网中扩展智能网业务的展望	840
中压配线传输特性测量与研究	844
基于多业务 VPN 的电力通信网络平台建设的探讨	852
利用级联光纤通道传输保护信号的实验及分析	857
继电保护通信接口应用浅析	862
适应发展趋势、建设新一代交换网络——国电华东公司行政交换机改造	866
京津唐电力 ATM 数据网组网技术的研究与应用	872
因地制宜、发展甘肃电力通信网	881
水电调度	887
水电调度专业综述	888
双曲正切分流非线性概念洪水预报模型研究	893
三峡电力系统大型水电站群与三峡联合运行优化补偿调度运行方式研究	899
八盘峡水电站汛期排污实时调度的研究	908
市场环境下水电经济运行问题的研究	915
数字化水库调度体系的研究与建设	920
梯级水电站短期经济运行数学模型的研究	928
福建电网水电站群发电优化调度系统开发及应用	935
华中电网水调自动化系统的开发与应用	944
水电站经济运行调度评价与考核方法探讨	948
综 合	953
东北网调“十五”期间重点科研课题	954
建立电力调度机构标杆指标体系的初探	959
附录：第二十八届中国电网调度运行会议收录论文全集目录	963



电网调度



电网调度专业综述

第二十八届电网运行会专业组

摘要: 本文分析了当前深化电力体制改革和全国联网格局初步形成的新形势下, 电网调度技术手段的更新和发展, 探讨了为适应新的调度模式, 各调度机构面临的挑战和问题。文章还介绍了本次电网运行会调度运行专业论文征集情况, 并提出了未来两年调度运行专业主要任务和技术发展方向。

关键词: 电网调度 互联电网控制 调度员培训 电力市场 电网安全 技术论文 技术发展

自第二十七届(太原)全国电网运行会议以来, 电力体制深化改革又迈出了坚实的步伐。2002 年底, 随着国家电网公司、南方电网公司和五大发电集团公司的成立, “网厂分开, 竞价上网”的改革进一步深入, 在发电侧打破垄断, 引入竞争机制的格局初步形成。同时继 2001 年 5 月首次实现了华北—东北的跨大区交流联网之后, 福建华东、川渝华中也实现了交流同步联网, 随着华中华北联网和三峡电厂的投运, 我国已形成东北—华北—华中—川渝、华东—福建和南方三大交流同步电网, 而东北—华北—华中—川渝和华东—福建这两大电网之间又通过葛南和龙政直流实现互联, 2004 年初东北—华北—华中—川渝电网也将通过三广直流与南方电网实现互联运行, 届时除西北、山东、新疆、海南和西藏外, 全国其他省市都将运行在这三大电网中, 全国联网的格局初步形成。与此同时, 电网调度技术手段也有了长足的进步, 为实现全国联网打下了比较坚实的基础。主要表现在以下几个方面。

一、互联电网运行控制手段和水平进一步提高

AGC 控制容量的迅速增加使得互联电网频率和联络线潮流控制技术手段进一步提高。两年来全国电网的频率、电压质量继续保持较高的水平, 跨省大区电网及独立省网频率合格率均在 99.98% 以上。AGC 已成为电网运行中频率控制的不可或缺的技术手段。同时, AGC 功能中的联络线控制也正逐步成为电网运行控制联络线潮流的必备手段。目前全国大部分网省采用 A1、A2 标准进行联络线控制与考核, 该标准是建立在联络线 TBC 控制模式基础之上的。TBC 控制模式和以往的 FTC 模式相比已有明显的进步, 消除了非故障区域的反调频, 减少了系统频率恢复时间, 同时明显减少了联络线的无意交换电量, 提高了互联电网电能质量和经济运行水平。CPS1 和 CPS2 标准是在 TBC 模式为基础推导的, 只有采用 TBC 的电网, 才能够用 CPS 标准作为频率及联络线功率控制运行管理及考核原则。目前, 华东电网率先采用了更为先进的 CPS 标准。华东电网自 2001 年 10 月开始采用 CPS 标准进行联络线功率偏差的考核, 从 2002 年华东电网 CPS 考核办法的执行情况来看, CPS 标准不但能够反映各个省市的 ACE 调节水平, 还能反映出各个省市在一次调频和 AGC 调节上的投入, 采用的 CPS10 和 CPS30 两项考核能够客观公正对省市偏离联络线计划的行为做出奖罚, 电网电能质量明显提高。2002 年华东电网频率指标较 2001 年有大幅提高, $50 \pm 0.2\text{Hz}$ 频率合格率为

99.995%，比2001年的99.993%上升0.002个百分点， $50 \pm 0.1\text{Hz}$ 频率合格率为99.935%，比2001年的98.853%上升1.082个百分点。在事故状态或紧急状态下，实际对联络线功率偏差限制宽松，使控制手段更为灵活，进一步提高了互联电网的安全稳定运行水平。无论控制手段和模式的改变，还是考核标准的升级，都贯穿着技术不断进步的主线。

二、新技术在电网的一、二次系统中不断得到应用

电力系统新技术的应用正逐渐展开，阳城送出工程及华北电网大房线串补装置的投运，华北电网昌房线紧凑型线路的投运，进一步提高了系统稳定水平和输送容量，缓解了送电压力。可控串补、静止调相机等新技术的应用研究工作也正在开展。500kV系统串补设备的出现，增加了继电保护的技术难度。目前，国内的串补线路保护均采用进口设备，积累了一些串补保护的初步运行经验，国内的继电保护科研、生产部门正积极开发相应的继电保护产品，期望在将来得到推广应用。而更高一级电压——750kV即将在我国西北电网出现，可控串补在南方电网首先得到应用，功角测量等监控手段也得到不断完善。新技术对电网安全生产起了重要作用，自从东北电网发生（2001.2.22）严重雾闪事故后，大部分500kV及220kV线路更换了新型合成绝缘子，大大提高了输电线路运行可靠性。还在500kV老变压器的改造中或新变电站的建设中采用了新型的微机型变压器保护、GIS组合电器和其他新技术、新设备，对系统安全运行和防误工作提供了良好的手段。电网运行的安全分析工作进一步加强，很多网、省调度部门开展了黑启动方案的研究和试验，电力系统暂态稳定分析、电压稳定分析、频率特性分析、低频振荡分析等工作也更加深入。

目前计算机已成为日常调度运行工作的得力工具。调度日志管理系统、操作票管理系统、电量远传及调度运行技术支持系统等软件的投入使用，使调度值班的工作效率、安全质量和管理水平上了一个新的台阶。电力市场技术支持系统的研究和开发，为满足市场规则的要求，创造竞争的电力市场环境，保障电力市场公平、公正、公开运行并适应电力市场的变化，在总体设计、计划编制、实时性、安全校核、优化方法等方面均有所突破。为防范对电网和电厂计算机监控系统及调度数据网络的攻击侵害及由此引起的电力系统事故，保障电力系统的安全稳定运行，建立和完善电网和电厂计算机监控系统及调度数据网络的安全防护体系，国家经贸委以第30号令颁布了《电网和电厂计算机监控系统及调度数据网络的安全防护规定》。规定要求各级调度机构负责本地电力监控系统及本级电力调度数据网络的安全管理，建立健全分级负责的安全防护责任制。应制定安全应急措施和故障恢复措施，对关键数据做好备份并妥善存放；及时升级防病毒软件及安装操作系统漏洞修补程序，提高安全防护的主动性；加强对电子邮件的管理。

三、EMS系统功能更加强大，DTS得到普遍应用和加强

EMS高级应用软件开始普及应用，提高了调度员的业务水平，电网调度开始向智能化目标迈进。随着EMS应用软件在网省调的普及应用，特别是DTS的应用，提高了调度培训和反事故演习的技术手段，使调度员的业务素质和技术水平不断提高。

国调中心每年组织的以直调系统为纽带的联合反事故演习，规模越来越大，同时也对全国DTS系统的普及应用起到了一定的推动作用。各网、省调每年都结合本网的实际情况，组织所管辖范围内的各级调度和发电厂、变电所进行反事故演习，提高了调度运行人员对突

发事故的应变能力和事故处理水平。电网调度在两年来取得的最大成就是保持了电网的安全稳定运行。

两年来,在“西电东送,南北互供,全国联网”的新形势下,电力市场化改革正如火如荼,为保证电网安全、优质、经济运行,为适应新的调度模式,我们还面临许多挑战和问题,主要有以下几方面:

1. 调度运行队伍培训任务繁重

发电公司组建后,电网公司与各发电公司行政隶属关系发生了根本的变化,调度模式也要相应改变。调度不仅要保证电网的安全、优质和经济运行,还要负责区域内实时电力交易的运作。在电力市场的初期,电网对发电侧开放,调度还必须为各发电企业提供公平竞争的环境。由于工作量的成倍增加,需要增加新调度员,新技术的应用和电力市场的建立对调度员提出了更高的要求,调度人员培训问题非常突出。

2. 随着全国互联电网的逐步形成,给联络线控制带来了新的问题

诸多独立控制区互联后的考核标准和控制模式问题。各独立控制区的实际情况不尽相同,其考核标准和控制模式必然有所区别,这就会给超大规模电网的互联协调和运行控制带来困难。东北—华北—华中—川渝电网已是一个装机容量接近 1.4 亿 kW,电气距离超过 4600km,覆盖 14 个省市自治区的跨区交流同步电网,又与华东福建和南方电网通过直流连接,从而形成装机容量近 3 亿 kW,交直流混联运行的超大型互联系统,我们目前对这样的系统是没有运行经验的,原有的运行控制系统如何适应大电网以及各不同运行控制系统如何相互兼容等新问题都会相继出现。

电网互联后出现的低频振荡问题突现。二滩水电厂 6 台 550MW 机组在并入华中—川渝电网后的实际运行中已经出现了低频振荡,在东北—华北—华中—川渝电网联网后,各区域稳定水平还要降低,低频振荡问题就会更为突出,因此联网之前必须提出切实有效的措施加以预防。

3. 网厂分开后的安全问题

网厂分开后,电力市场的运行机制还没有建立起来,这样,电网调度部门对发电厂的制约能力相对降低,可能出现调度指令不畅通,影响电能质量同时危及电网安全生产。

发电厂内部与电网安全运行有关的继电保护、安全自动装置、通信、调度自动化等设备的大修和更新改造项目需要经过发电公司董事会批准。审批权与安全责任的分离增加了电网安全稳定运行的风险。因此,调度机构应尽早与各并网电厂签订并网协议,建立安全运行机制,用法律的手段相互制约和协作。

4. 安全和防误问题

打破垄断,电力市场化运营已是大势所趋,在这种背景下,调度模式要发生转变,调度工作不同于其他,是一刻也不能停止的,在这种体制转变过程中的风险一定存在。这就要求调度把安全和防误摆在重中之重的位置。在体制过渡的真空期,不可避免的会出现各种矛盾和相互协调不当之处,为保证改革的继续进行,一切要让位于保安全。体制发生了改变,安全生产管理体系、部门和关系发生了改变,相关规程也可能变化,但那些用血的教训换来的基本操作规范不能变。随着我国国民经济的持续快速增长,电力系统的经济运行意识也提到了一定高度,但调度应该把安全意识放在更高的位置。电力调度一定要严格执行各种规程、规定,对不同的运行方式和天气情况作好事故预想。

5. 部分电网缺电，拉闸限电问题

目前如南方电网、华北和华东、华中、西北电网的部分地区在用电高峰已出现了拉闸限电的情况，在上海和北京等经济发达地区已有缺电迹象。国家虽然已经采取了东北富余火电送华北，云南、贵州富余水电送南电联，华中送上海打破分省平衡、地方保护的格局，开放市场，优化资源配置等措施和部分地区实行峰谷电价等开源节流措施，但这些都只能缓解目前的形势，缺电的状况在短时期内不可能消除。引入竞争是电力市场化的主要目的之一，在卖方市场的前提下，发电企业的竞争无从谈起。电力调度是确保电力系统安全稳定运营的核心，有关各方都要切实维护调度的权威性和有效性，调度要严格执行“公平、公开、公正”的原则，应该把电网的安全放在重要位置，确保电网安全稳定运行，确保经济发展和人民生活用电，确保社会稳定用电。

6. 电网调度运行与电力市场的有机结合

调度运行模式应与电力市场模式相适应且有机结合。比如多独立控制区互联后的控制标准和模式问题，东北电网目前采用的关口调度模式就与即将实施的区域统一电力市场不相适应，因此应将现行的电网调度管理模式及时转变为区域统一调度模式，使电网的调度关系与未来的区域电力市场协调一致。

随着中国实现全国电网联网的进程，形成国家级、大区级和省级电力批发市场，建立起超大规模电网的分层分区控制体系，建立以光纤为主的电力系统通信传输网络，形成安全可靠的电力控制专用数据网络和灵活方便的电力信息网络，普及、完善 EMS 应用功能，建立实用的电力市场技术支持系统，进一步提高微机继电保护和安全自动装置的速动性和可靠性，实现国调、网调、省调三级调度生产管理系统的互连，实现“三公”调度，完成从经验型调度向分析型调度的过渡，向国际一流调度水平迈进。

四、本次电网运行会调度运行专业论文情况

在全国各网省调的积极响应参与下，本次共征集到调度运行专业论文 80 篇，论文紧紧围绕安全、优质、经济运行这一主题，对事故处理及分析、电网黑启动预案制定、大区互联电网运行有关问题及控制技术、调度运行实用软件开发与应用、电力市场形式下的调度管理等多方面课题进行了较为广泛的研究，其突出特点是理论紧密与电网运行的实际情况相结合，针对电网运行中存在的有关问题进行了深入分析和探讨、相应提出了可借鉴性、可操作性较强的方法和建议，反映了本专业近年来各方面取得的技术进步，代表了目前电网调度运行专业的先进水平。

五、未来两年调度运行专业主要任务和技术发展方向

(1) 适应发电侧电力市场建立，在实行网、厂分开，发电竞价上网的形势下，开展“三公调度”的研究，各电网调度努力学习市场交易与管理的知识，开展电力系统安全稳定运行与市场化运行的相互协调问题研究，并结合本网实际研究“三公调度”的办法；

(2) 充分利用 EMS 高级应用软件，加强历史数据的整理、分析，加深对电网的研究，使调度运行由经验型向分析型转变。

(3) 进一步推进保障安全运行技术手段的研究与应用，继续开展全国调度系统反事故演习工作，利用现代化手段加强调度员的培训，全面加强安全运行管理，力争实现人员责任事



故零目标。

(4) 加强电网经济运行研究工作, 优化资源配置, 合理利用能源和设备资源, 发挥大电网互联的经济效益。

(5) 面对全国联网的新形势, 继续深入研究大区互联电网系统控制策略、方法和准则的研究及系统一次调频、二次调频配合的研究, 进一步提高电能质量, 为全国联网工作进行和电网的稳定全运行打下坚实基础。

主要起草人: 朱伟江、林伟、沈卫东、刘皓。

Abstract: Nowadays, innovation on power system is being deepened and national power grid is being formed in China. This paper take deeply analysis on technology update and development of power grid dispatching in this new situation, discusses the challenges and problems which dispatching organizations will confront to adapt new dispatching mode. This paper also introduces papers collection job for power grid dispatching in this conference, put forward main tasks and technology development direction in near future.

Key Words: Power Grid dispatching, control for interconnected power grid, dispatcher training, power market, power system safety, professional papers, technology development

国调智能化调度操作票管理系统

庄伟¹ 陈刚¹ 张国威¹ 朱伟江¹ 赵玉柱¹ 顾飞飞²

1. 国家电力调度通信中心, 2. 东大金智软件股份有限公司

摘要: 本文介绍了一套已在国调投入运行的调度操作票专家系统。文章从系统的设计、专家系统的应用、系统主要功能等方面进行阐述。系统继承了已有操作票自动生成系统的基本功能并进行了完善, 还新增从实时系统获取设备状态、操作票电子流转、站内操作等功能。

关键词: 电网调度 操作票 专家系统 图形信息系统 基于实时状态

一、引言

随着全国联网工程和三峡工程的逐步建设, 国家电网公司国家电力调度通信中心(以下简称国调)直接调度管辖的变电所、发电厂、输电线路以及其他电力设备的数量迅速增加。目前已经投入运行的联网系统有东北华北联网系统、华东福建联网系统、川电东送系统、华北华中联网系统、三峡发输电系统、山西阳城电厂专线送江苏的发输电系统、葛南直流输电系统、龙政直流输电系统。联网系统的倒闸操作要在保证安全的前提下兼顾各个交直流系统的特点和各电网不同的操作习惯, 因而调度员单凭记忆开写操作票容易产生差错。从最初的手工拟写操作票到操作票系统的微机辅助生成操作票, 则是调度员开票方式的重大转变。微机开票可以结合调度自动化 EMS 系统的一次主接线图, 统一开票格式, 提高了人工开票的速度和正确率, 实现了操作票的规范化管理。

近年来, 计算机、自动化专业的发展日新月异, 作为人工智能技术之一的专家系统在各专业的应用不断增多, 技术也日益完善。这些都为开发一套适合国调中心调度运行特点的新型调度操作票管理系统提供了强大的技术支持。

二、系统总体结构设计

在本系统开发前, 对全国有关网、省调正在使用中的操作票系统进行了考察和调研, 它们各有特点, 都很好的结合了本网操作习惯和特点。但由于当时计算机软硬件技术等方面的限制, 普遍存在着电网结构参数的维护工作量大和系统的兼容性、可扩展性等方面的局限。因此, 国调操作票系统的总体结构设计充分考虑了当前的计算机技术水平, 使开发后的系统能够满足功能实用、操作简单、维护方便等基本要求。

在操作票系统总体设计上, 采用经典三层体系结构(图 1)。用户层(表示层)提供用户各种操作的界面; 业务层(应用逻辑层)是开发的核心层, 包括推理机、操作票流转发布组件和数据访问服务接口; 数据层(存储层)使用关系型数据库 Oracle 来存储系统数据。

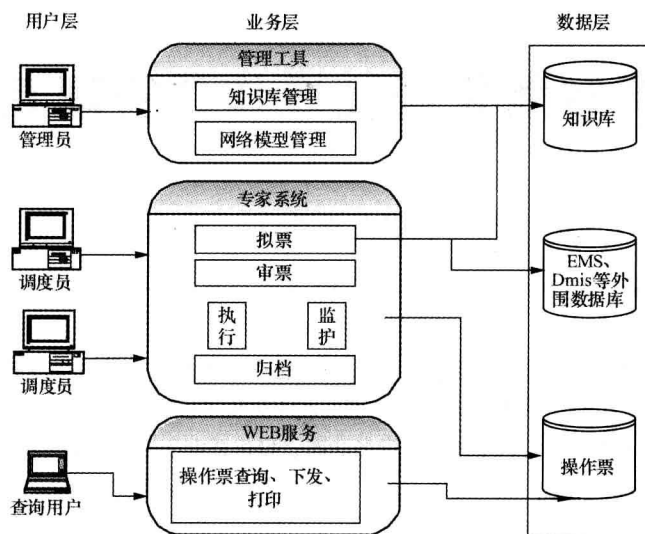


图1 系统总体结构图

三、专家系统的应用

专家系统是19世纪60年代发展起来的一门学科，属人工智能范畴。伴随着计算机技术的发展，它在各个领域的应用得到了长足的发展。专家系统可以理解成一种基于专家知识的计算机程序系统，具有专家求解问题的能力 & 给出专家水平的结论。

专家系统的核心是知识库和推理机。知识库即存放专家知识的数据库，也称规则库。本系统采用的专家规则主要包括以下方面：

(1) 基本的“五防”规则：在电网操作过程中，保证人身和电网设备的安全，这也是最基本的前提。因此，在操作过程中，需要对断路器、隔离开关的状态进行审查，满足安全性要求的为合法，否则为非法。换言之，断路器和隔离开关等设备间存在一定的闭锁或约束关系，例如接地隔离开关 QS1 合上，线路隔离开关 QS2 必须拉开，反之亦然。这一关系可用逻辑表达式表示为： $QS1 \times QS2 = 0$ （合上为1，断开为0）。

根据以上原理，可将设备的运行状态及设备间的关系表示为一组数学模型，操作过程可抽象为一系列的逻辑运算，逻辑运算的规则及结果可根据不同的接线型式及该接线型式中各个电气元件的类型及其串、并联关系来确定。

(2) 分层操作：分层操作是电力系统操作的基本原理，设备从操作前状态向操作后状态转换是连续的，任何一项主操作都可以表述为以下三层：

- a. 调整电网中相关设备的状态，使主操作设备具备操作条件；
- b. 对主操作设备进行操作，如停电或送电；
- c. 主操作设备操作后，调整电网中相关设备状态至新的运行状态。

其中，a、c项是辅助操作，包括二次设备（继电保护或安全自动装置通信通道等）的调整，或电磁（电气）环的合环和解环的方式转换操作等。对主操作设备的操作可按断路器、隔离开关、（接）地刀（闸）作进一步的分解。

(3) 运行状态识别：对电网进行操作，是使电网设备（线路、主变压器、母线等）从一