

电视大学 职工大学教材



# 电力系统自动控制与装置

天津大学 孙雅明 主编



122254

T176  
1976 4

电视大学 职工大学教材

---

# 电力系统自动控制与装置

天津大学 孙雅明 主编

水利电力出版社

122254

T078  
1976

电视大学 职工大学教材  
电力系统自动控制与装置  
天津大学 孙雅明 主编

\*

水利电力出版社出版  
(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经营  
水利电力出版社印刷厂印刷

\*

787×1092毫米16开本 18.5印张 419千字  
1990年4月第一版 1990年4月北京第一次印刷  
印数0001—4050册

ISBN 7-120-01026-3/TM·295

定价7.60元

## 内 容 提 要

本书为能源部所属电力职工大学和中央电视大学电力系统及其自动化专业、电力系统继电保护专业教材，以现代电力系统自动发电控制、电压和无功功率自动控制、开关操作自动控制为核心展开叙述。全书共分七章：现代电力系统自动控制概述；电力系统正常和恢复状态开关操作自动控制；同步发电机励磁自动控制系统；同步发电机转速自动控制系统；电力系统自动发电控制；电力系统电压和无功功率自动控制；电力系统紧急状态开关操作自动控制。各章都介绍了模拟式和数字式微机型自动装置。

本书也适用于相同专业的本科和大专院校师生，也可供电力系统有关工程技术人员参考。

## 前 言

本书是根据1985年5月在广州中央电视大学教材会议和1986年8月在南昌原水电部职工教材会议上通过的教学大纲而编写的。

本书的内容编排和体系是以整个电力系统自动控制技术为基础,把电力系统、发电厂、变电所的自动控制内容有机地联系在一起,使读者对各部分内容能有全面和深入的理解。鉴于电力系统自动控制装置不断更新,种类繁多,因此,选用典型代表性强的装置,从原理上讨论、归纳。在总体上将目前技术状况和未来技术发展相结合,全面和局部重点相结合,使读者不仅掌握目前必要的知识,而且能获得一些新知识的启迪。

全书共分七章,其中第二、三章由中央广东电视大学翟沃平编写,第五章是由天津大学袁世挺和孙雅明共同编写,其余各章均由天津大学孙雅明编写。全书由孙雅明同志主编。

本书经重庆电力职工大学方慎仪同志审阅,提出了很多宝贵意见。本书在编写收集资料过程中,得到昆明水电勘测设计院包芳沼同志、重庆电管局调度所齐铭以及原水电部南京自动化研究所、武汉水利电力学院、广东省电管局等有关同志的大力支持与帮助,在此一并致谢。

限于编者水平,书中难免存在缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

1989年5月

# 目 录

## 前 言

绪论 .....	1
第一章 现代电力系统自动控制概述 .....	2
第一节 现代电力系统的运行特点 .....	2
第二节 现代电力系统控制信息管理和控制的组织结构 .....	5
第三节 现代电力系统综合自动控制内容 .....	17
第四节 现代电力系统的监视控制和数据采集系统 .....	20
第二章 电力系统正常和恢复状态开关操作自动控制 .....	24
第一节 电力系统开关并列操作概述 .....	24
第二节 准同期并列条件及其分析 .....	26
第三节 自动准同期并列装置的基本原理 .....	33
第四节 数字式微机型自动准同期并列装置的基本原理 .....	55
第五节 备用电源自动投入开关操作 .....	63
第三章 同步发电机励磁自动控制系统 .....	67
第一节 概述 .....	67
第二节 励磁系统分类及主要励磁系统特点和性能 .....	72
第三节 励磁系统中的整流电路 .....	83
第四节 自动励磁调节器基本控制原理 .....	98
第五节 励磁控制系统的静态调节特性和机组间无功功率分配 .....	128
第六节 自动励磁调节器的辅助控制原理 .....	135
第七节 数字式励磁控制系统的基本原理 .....	145
第八节 发电机起励和灭磁 .....	151
第四章 同步发电机转速自动控制系统 .....	160
第一节 概述 .....	160
第二节 同步发电机转速自动控制系统的基本类型 .....	164
第三节 发电机转速自动控制系统的基本原理 .....	166
第四节 转速自动控制系统中基本环节的原理 .....	172
第五节 数字式转速自动控制系统基本原理 .....	196
第六节 同步发电机组转速自动控制系统的数学模型和稳定性分析 .....	202
第七节 并列运行发电机组的功率控制 .....	212
第五章 电力系统自动发电控制 .....	216
第一节 概述 .....	216
第二节 自动发电控制系统的数学模型 .....	217
第三节 自动发电控制基本原理 .....	224
第四节 火电厂频率和有功功率自动控制装置 .....	232

第六章 电力系统电压和无功功率自动控制 .....	246
第一节 概述 .....	246
第二节 电力系统无功平衡和补偿设备的电压控制 .....	248
第三节 现代电力系统电压和无功功率协调控制 .....	262
第七章 电力系统紧急状态开关操作自动控制 .....	264
第一节 概述 .....	264
第二节 自动低频减负载 .....	265
第三节 水轮发电机组低频自启动 .....	279
第四节 系统解列控制 .....	280
第五节 自动切除发电机控制 .....	283
第六节 电气制动控制 .....	284
参考文献 .....	289

# 绪 论

现代电力系统综合自动控制内容是很广泛的，涉及的知识面甚广。目前正处自动控制技术发展盛期，知识更新很快，在学习过程中对电力系统自动控制的某些内容和概念需要有反复理解过程，通过后面部分内容的学习加深对前部分的理解。对运行人员知识更新应给以足够重视，是保证我国电力系统自动控制水平提高的重要方面。

本书是在已学过《自动控制理论》、《电子技术基础》、《电力系统》和《微机原理和应用》的基础上进行讲授的课程。由于整个电力系统的计算机控制已是必然趋势，并将形成多级的分布式计算机网络，因而本书对电力系统综合自动控制（有功功率、无功功率和开关操作综合自动控制）的基本原理作了全面的一般性论述，但对发电厂、变电所基本控制级的自动控制系统基本原理作了详细论述和分析。另外，由于半导体技术、计算机技术等迅速发展，自动控制装置随之不断更新，加之同类装置的原理差异亦很大，无法一一讲述，故从原理上提炼归纳，挑选典型性装置进行讨论。由于本教材属大专层次，因此有关数学模型和相应的理论分析内容相应减少。本书分章内容如下。

第一章为现代电力系统自动控制概述。本章主要从电力系统的发展来论述电力系统综合自动控制的必要性，并简述现代电力系统自动控制的结构和基础知识，为后几章的学习作知识准备。

第二、七章是讲述电力系统开关操作的自动控制。以电力系统正常和恢复状态并列操作的自动控制为重点，而电力系统紧急状态的开关操作自动控制（即安全自动控制）由于涉及较深的内容，没有全面展开讲述，仅对经典和有效的开关控制作重点论述和分析。

第四、五章是讲述电力系统频率和有功功率综合自动控制。先论述和分析了发电机转速自动控制系统基本原理（第四章），再进一步讨论电力系统自动发电控制（AGC）——电力系统负荷频率控制（LFC或AFC）和在线经济调度控制（EDC）的基本控制原理（第五章）。

第三、六章是讲述电力系统电压和无功功率综合自动控制（AVC）。先论述和分析了发电机励磁自动控制系统基本原理（第三章），再进一步讨论电力系统电压和无功功率控制的基本方法和概念（第六章）。由于有些内容在《电力系统》课程中已讲述，本书只侧重于无功补偿控制方面的叙述。



# 第一章 现代电力系统自动控制概述

## 第一节 现代电力系统的运行特点

电力工业的发展是标志整个国民经济发展水平的重要方面。随着用电量的增长，电力系统的结构将发生很大变化，电力系统的运行要求也愈来愈高。为清楚认识现代电力系统的运行特点，现先讨论电力系统的构成特点。

### 一、现代电力系统构成特点

#### (一) 大规模电力系统形成的必然性

电力系统容量愈来愈大，要求构成系统的单机容量也增大，截止目前为止，世界上最大容量火电机组为美国西屋公司制造的165万kW汽轮发电机组。为了保证电力系统安全运行而设置的备用容量更具经济性；为了提高发电设备的利用小时，需在更大范围内调整用电时间（即调整负荷曲线），以减少电力建设投资，提高经济效益；为了充分合理的利用一次能源（水力、风力、石油、煤等），也要求在更大地区范围内进行能源调度和协调配合，才有可能获得能源的最有效利用。以上充分说明了大规模电力系统的优越性，形成其发展的必然趋势，即由地方的局部电力系统发展成联合电力系统（如我国目前跨省的大区联合系统），再进一步发展成大规模联合电力系统（超级联合电力系统）。

世界上一些发达国家，不仅在本国内发展联合系统，同时还形成国际间（即跨国）大规模联合电力系统。在我国，发展形成七个跨省的大区联合电力系统（即东北、华东、华中、华北、西北、西南和两广，其规模已相当大），并且把各大区联合电力系统再形成全国性超级联合电力系统，这将是必然趋势。对我国这样一个地域辽阔的国家，形成超级联合电力系统，其规模之大，读者完全可以想象。

#### (二) 电力系统发展的复杂性

超级联合电力系统的建立，不只是规模巨大的问题，而且还导致电力系统结构越来越复杂。由于从经济性出发，必然建设矿口电厂和水电厂，它们往往是远离负荷中心，要采用超高压交流或直流的远程输电，形成超高压交流和直流的超级联合系统；系统电压等级层次增加；电站类型多样化；构成系统部件数量增多；环网重叠等等。这些因素使系统结构的复杂性愈益增加。电力系统复杂性的含义，应以系统动态表征为依据，其定义：对电力系统进行暂态分析时，可把该电力系统归结为等值的两机系统，则称该系统为简单结构；若只能归结为三台或三台以上的等值发电机系统，则该系统结构属复杂结构。

### 二、现代电力系统的运行特点

系统中单机容量为60万kW及以上时，由于信息量增多，对运行人员来讲，已难于直观地、迅速地辨识系统运行中所发生的问题，而必须经过一定的综合分析才能分辨发生事件的性质。如以一个35万kW以上容量的电厂为例，监视点多达1700点，操作点达620点。为此，电厂内部采用计算机进行监视和综合控制，也是必然趋势。另外，大规模电力系统结构的复杂性也必然导致系统运行的复杂性和多变性。

### (一) 经济运行的复杂性

大规模电力系统的电能质量、经济性和安全性之间存在着尤为突出的矛盾，大规模电力系统的经济运行是一个错综复杂的问题。如果从自动控制理论的角度来讨论，其控制目标是实现全系统最小燃料费用或最低发电成本，具体执行方法是控制系统中被指定的各种类型发电机的出力。显然，为实现系统经济运行的控制系统属大规模控制系统（见本章第二节论述），并且属多输入输出控制系统，具有不确定性大和非线性因素多的特征。为实现这个控制目标，不仅要考虑各种火电厂间经济特性最优，还要考虑在广阔的地域范围内水、火电厂间经济协调问题，梯级水电站间协调（水库调度）问题。还有在大规模电力系统经济运行中占不小比例的线损问题，而线损又包含有功功率和无功功率线损，要获得最低损耗，还要求有功和无功功率的全优分配。另外，网络接线方式改变和系统中各电源出力变化，对环网之间功率分配又相互影响，具有很大的非线性特征。上述这些问题，单从经济运行角度看是比较全面的，但应特别指出，只有在满足安全运行条件下才有经济运行的意义。因为电力系统中的任何事故都会造成很大的经济损失，所以在实际经济运行中，还要考虑许多安全不等式约束条件，如联络线功率限制，发电厂出力的上、下限，系统电压控制点的电压上、下限等。大规模电力系统实际运行中一定要妥善解决安全性和经济性的协调问题。

以上简述，说明了大规模电力系统经济运行的复杂性。显然，这些问题的解决不可能依赖系统调度人员的经验和直观判断，必须借助于计算机系统和相应理论来实现。由于实现系统经济运行能带来巨大的经济效果（根据经验数字可节省全系统有功功率的1%左右，则全国电力系统所获得的经济效果将是一个惊人的数目），因此，现代电力系统利用计算机控制系统来实现全面的在线经济调度是人们所期望的目标。

### (二) 安全运行的新问题

电力系统安全性是表征电力系统在短时间内抗干扰的能力。因系统运行中可能出现各种干扰（如发电机损坏，线路受雷击跳闸等），系统安全性是表示在出现事故后系统仍能维持连续供电的能力。

前面已述，建立超级联合电力系统是因为可以获得巨大的经济效益，又可在系统发生大机组事故时提高其抗干扰性能。但系统的复杂性对系统产生新威胁，即可能导致大面积停电和稳定性问题尖锐。系统规模越大，为了安全和经济运行，系统调度人员需要了解的信息量也越多，而许多问题是相互影响的，必须汇集许多参变量、位置量和状态量，再对它们进行综合辨识，才能作出正确的综合判断。调度、运行人员是否能作出正确的判断和处理，还取决于信息能否及时掌握，信息是否正确，调度、运行人员本身对判断和处理系统紧急状态并恢复系统工作的能力。

本世纪60年代以来，国际上多次大面积停电事故，给人们以深刻的教训。比较典型的事例是1965年11月美国东北部和加拿大的联营电力系统大面积停电。这次停电事故涉及美国东北部8个州和加拿大一部分（面积约70万km<sup>2</sup>），停电约2500万kW，停电恢复最长时间达13.5h。在发生事故过程中，由于纽约州系统调度人员并不了解事故的起因，对事故的处理很不得力，影响了供电恢复时间。这次事故对国际上电力系统控制中心的改造和

建立起了有力的推动作用。美国纽约市电力系统于1977年7月又发生一起轰动国际的大面积停电事故，其主要原因是连续遭受两次雷击致使线路断开，运行人员缺乏事故预想加之操作失误。这次事故引起了重新评价对运行人员的要求。我国大面积停电事故也时有发生，如1972年湖北电力系统由于保护误动作，将丹汉（丹江口水电厂至汉口）线路断开，引起系统振荡，且运行人员判断错误，造成武汉和黄石地区电压崩溃，使受端系统全部瓦解。

由此可知，为保证大规模电力系统（系统中厂、所母线可以有1000~2000条以上，线路几千条）的安全运行，必须对系统运行全面监视和正确控制，电力系统运行和调度人员只有在掌握大量的实时信息（系统实时测量数据、设备状态等）的基础上，才有可能正确识别电力系统的实时状态。众所周知，计算机在数据采集和信息处理方面的功能具有显著优势，电力系统运行中可以用人机对话形式查询运行实时数据和系统运行状态画面等，所以现代电力系统安全运行中计算机和相应的硬设备是必不可少的。但也应正确认识到调度、运行人员对综合判断和迅速正确地处理事故的能力，仍将是系统安全运行的重要保证，所以要重视系统运行人员的培训工作。还必须指出，这是指事故发生后，系统安全性已出现问题的情况下，采取人为的控制以抑制事故的扩大。

电力系统稳定性是指系统遭受干扰时所有发电机能够保持同步运行的能力。它是衡量电力系统安全运行的重要条件，一般用安全储备系数和干扰出现的概率来确定。电力系统的复杂性使识别系统的稳定性也变得更为复杂，如环网系统中，当系统发生振荡时，各线路的安全储备系数是和环网内负荷分配有关的，这就增加了其不确定性。目前虽然对提高电力系统稳定的措施（如切机、电气制动、快速励磁、单相快速重合闸、串联补偿等）已有不少研究，但它们的有效性并非通用，而取决于系统的某些特定情况。复杂系统的多变接线和多变运行方式，增加了稳定性的不确定因素。另外，大规模电力系统的地理范围广阔，不仅增加了严重干扰的概率，也增加了一系列连锁反应性干扰的概率，由此而产生积累效应，可使系统的安全水平迅速降级，甚至导致系统崩溃。

### （三）对继电保护和自动装置的综合性要求

系统运行的复杂性，必然导致继电保护与自动装置的不适应性。如电力系统受到一定的干扰后，引起系统振荡，这是由于系统中出现两个或两个以上的频率（此处是指异步运行时的平均频率）而引起的。当系统进入异步运行后，是否能再同步，对大规模复杂电力系统则是个很复杂的问题。如果该系统是弱联络线的联合系统，在振荡中心附近有负荷或在异步运行方式时还可能引起系统其余部分的稳定破坏，这时要实现再同步是不可能的。因而，当系统异步运行时，由于不同系统具体接线和运行方式也不同，系统振荡性能是不一样的，即振荡周期有大有小，振荡过程有长有短。而阻抗继电器所测得的阻抗轨迹也随着变动，有时可能进入动作区，但是否要动作使系统解列呢？这就必须正确判断再同步的可能性。即使系统在稳定措施作用下，对系统振荡产生抑制作用，最后是否有效，亦难作出判断，若采用简单的判据肯定会有不可避免的失误。为此，采用计算机可对较复杂事故的动态过程运行快速的、综合有效的识别和处理。另外，为了适应更复杂的运行要求，往往采用增设保护装置或多重化保护等措施，从而使保护重叠性和保护复杂性增加，

这样各种保护间的协调配合就很困难。现可借助计算机来构成整体保护，对复杂故障可作出综合识别以保证保护装置正确动作。

由上所述可知，为适应大规模电力系统的经济和安全运行，系统自动控制内容将越来越广泛，控制要求和级别也越来越高。如何使全系统的复杂控制达到完全协调一致是极为复杂的问题。系统中各厂、所一些单功能的自动控制装置，也要适应系统的要求，与系统综合自动控制协调一致，这就要求能实现多功能的综合自动控制装置，并要求调度中心、厂、所同时实现相应自动控制系统，使监视控制设备和信息传送装置得到最合理的配置。

随着计算机技术和其它新技术的应用，电力系统自动化已赋予新的概念和内容，变为逐步实现系统综合自动控制技术的更高水平。如把短时间内调度、运行人员无法完成的逻辑判断和计算内容也纳入自动控制技术功能；如利用计算机完成机组自起停顺序控制，并具有自诊断功能，在自启动过程中，自动监视机组的所有辅机状态，保证满足机组起动的必要条件；又如由微机构成的事件顺序记录装置（事件是指断路器、保护装置等的状态变换），可以记录事故情况下事件先后次序和动作时间，事件动作的分辨率可达1 ms（事件动作的分辨率此处表示开关状态事件动作先后能分辨清的能力）。这样，即使电厂（或系统）状态和开关量的数目很多，该装置也能全部顺序记录下来，以帮助调度、运行人员对事故的正确分析和处理，它是一种新的综合性功能。

综上所述，必须对大规模电力系统实现整个系统的综合自动控制（Synthesis Automatic Control, SAC）。为此，首先借助于相应规模的计算机系统，其次是开发电力系统高级应用软件，后者是应用控制理论、多级分散控制理论、子系统协调理论及人工智能原理等来进行，从而获得最优和智能控制功能的自动控制系统。大规模电力系统和基于计算机的自动控制技术相结合，构成现代电力系统的全部含义。本书中以下就用现代电力系统（Modern Electrical Power System, MEPS）这一名词来表示。

## 第二节 现代电力系统控制信息管理和控制的组织结构

### 一、现代电力系统的分层控制系统

前节已扼要叙述了大规模电力系统采用计算机控制系统的必要性。那么，对应大规模电力系统的控制系统也是大规模控制系统的吗？可以从控制理论的各个角度来确定控制系统的规模：从系统观点看，当控制系统超过单一控制结构的能力时，便是大规模控制系统；从研究分析建模的观点看，若一定要把该控制系统模型加以简化（此处“简化”是指把系统划分为模型子系统，并非一般控制系统结构图的简化）后，才能明了其输入-输出性能，则此控制系统便是大规模控制系统。这样，可以肯定大规模电力系统的控制系统是属大规模的控制系统，因它不可能用单一控制结构来实现，也不可能不加以简化来形成模型子系统。大规模电力系统的控制系统，已被视作大规模控制系统的典型例子。对大规模电力系统如何进行有效的控制和完善的信息管理，则是一个值得研究的重要问题，也是本书所要讨论的中心问题。国外已借鉴社会的组织结构和系统工程学用于工程上的各种大规模系统。Mesarovic提出了多级控制系统理论，其基本观点是：一个不管多么复杂的控制系

统（也是一个物理系统）都可以根据要求控制目标和控制复杂程度的差异，把控制动作从功能上进行划分为不同的层次或子系统，而整个控制系统则是这些功能协调的总和。

因此，分层控制系统的含义是指把整个控制系统从组织结构上或从控制功能上或从所建模型上进行分层，即把一组执行类似相同的控制动作在组织中构成一级或称一层，如电力系统中发电厂内机组的电压和转速控制系统构成基本控制级（层）。整个结构的顶点（也即最高层）是最高决策单位，它与系统的总目标有关。而所有局部控制（子系统）能自动地（或有人参与）把这些动作最恰当地协调起来，使整个控制系统仍能达到期望的控制总目标。

## 二、现代电力系统分层控制的方式

在现代电力系统中各发电厂、变电所、地区调度所、省调度中心、大区（网）调度中心以及将来发展的国家级调度中心，相应控制系统也根据这些组织结构实行分层，分担和综合协调控制功能。

根据分层理论，现代电力系统控制分层主要有以下两种方式。

### （一）按控制功能的级别划分控制系统

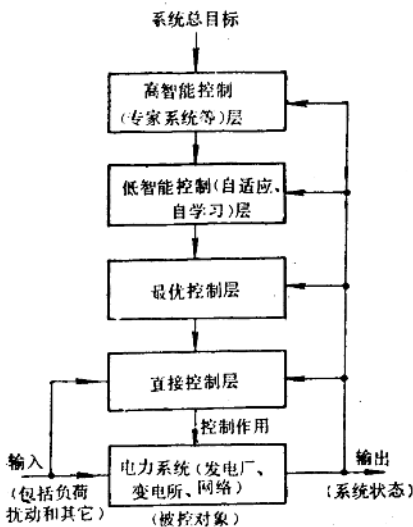


图 1-1 按控制功能级别分层的框图

控制功能的级别是指控制决策的复杂程度。系统运行水平要求高，必然提高自动控制水平，控制级别也越高。在控制系统中，具有同样控制功能的控制系统，如有功功率自动控制，由于控制动作不一样，它们将划分在不同的层次。在发电厂，有功功率控制只限于机组转速的自动控制，而大区调度中心的有功功率控制是为经济运行而进行最优经济调度，是有功功率的综合自动控制，其控制动作是根据经济目标函数和安全约束条件对全网电厂相应机组下达有功功率给定负荷基准和操作指令，它是多个子系统的协调控制。显然，后者层次高于前者。这种分层方式同时也反映各控制层对不同扰动周期（即快、慢扰动）的适应性。控制层次高的，

只能处理慢扰动量（这是相对于最基本层而言）。如图1-1所示，最基本层是直接控制层，直接控制电力生产过程（如发电机组转速自动控制系统和励磁自动控制系统），它是能适应快速扰动变化的反馈控制。这对保证电能质量是必要的，而为系统经济运行而实行的经济最优化控制并不要求快速动作，因为太短时间内正常负载变化不会太大（即频率基本不变），进行经济最优化的意义也不大，但在电力系统受突然干扰（如突发事件或急剧的负载变化）需要快速控制时，则可以从最优化过程中分离出来（即从慢速控制中分离出来）。故经济调度的最优控制级是扰动周期在10min左右的较慢速控制。这就是分层结构中

从最高级到最低级，即从最慢级到最快级的时间=分法。它的要点是对复杂控制系统的分析，把现象中最快成分从较慢成分中分离出来，对两个时间分隔采用不同的控制策略，这是极为重要的决策方法。

(二) 按组织结构划分控制系统

由于电力系统具有对应于电压等级的组织分层结构。在电力系统发展过程中，自然形成了各种级别的调度组织结构。因此，为实现大规模电力系统的SAC，完善现有的发电厂、变电所、各级调度所（或中心）的自动控制系统，并合理地协调，形成分层控制系统是比较合理的。目前，国外MEPS也都是这样来分层控制的，我国也以此目标来实现系统的SAC进行分层控制。

电力系统分层控制的定义：电力系统中各级调度所（或中心），各级运行单元，在所构成的分层组织中，为了完善合理调度和运行，都应配置相应的自动控制装置和计算机，根据相互的信息交换分别完成各自的控制决策、调度命令和操作等功能，并构成所有功能都取得完善协调的控制系统。

图1-2是按组织结构分层的框图，它可以通过以下两个基本过程来描述。

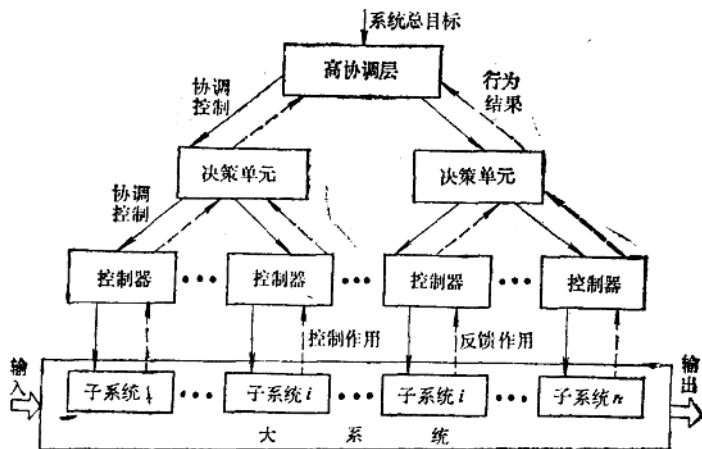


图 1-2 按组织结构分层控制框图

(1) 分解或各底层的构成 即把系统分解成一簇不耦合的子系统。这在电力系统中已明显形成，如从高层到低层依次是：大区（网）的区调（最高层）→省调（第二层）→地调（第一层）→厂、所（基本层），这样就构成三层（或称三级）控制系统，而基本层中的厂、所都划分给不同的调度级来管理，形成局部控制，即子系统。

(2) 协调或总目标的综合 在多级（层）系统中，较低级的子系统常称为下确界单元或局部单元，而较高级的子系统则称为上确界单元。由于分解生成各子系统，没有计及各子系统的相互作用，随之而来的问题是如何从局部控制来获得总目标，这就要求系统必须具有可协调性。所谓协调就是所有上确界控制系统应力图克服因子系统的相互作用而产生的相互矛盾。解决矛盾的方法是调整下确界子系统的目标和模型，这就形成下确界子

系统的控制动作，产生协调作用。

可协调性是指对所研究的系统，协调原则适用，并有一个协调参数能满足相应的协调条件。称此系统具有可协调性。

MEPS采用按组织结构的分层控制系统显示出如下的优越性。

(1) 电力系统所在地区分布范围很广，且系统本身具有按电压等级分层结构，从系统调度、运行来看，有很多问题可以由局部地区判断处理，因此完全可以采用相应分层的分散式计算机控制系统，充分发挥其优势。可使局部自动控制装置停用而不影响整个系统。并且可以利用分层间的相互后备作用或部分运行人员的后备作用。

(2) 可综合考虑控制系统的信息交换及其传送系统，即根据不同层次和地区的不同要求来设置自动控制系统，避免重叠投资，同时也便于控制系统的逐步完善和发展。

### 三、电力系统三层控制系统基本模型

图1-3表示目前我国电力系统分三层控制的基本模型。

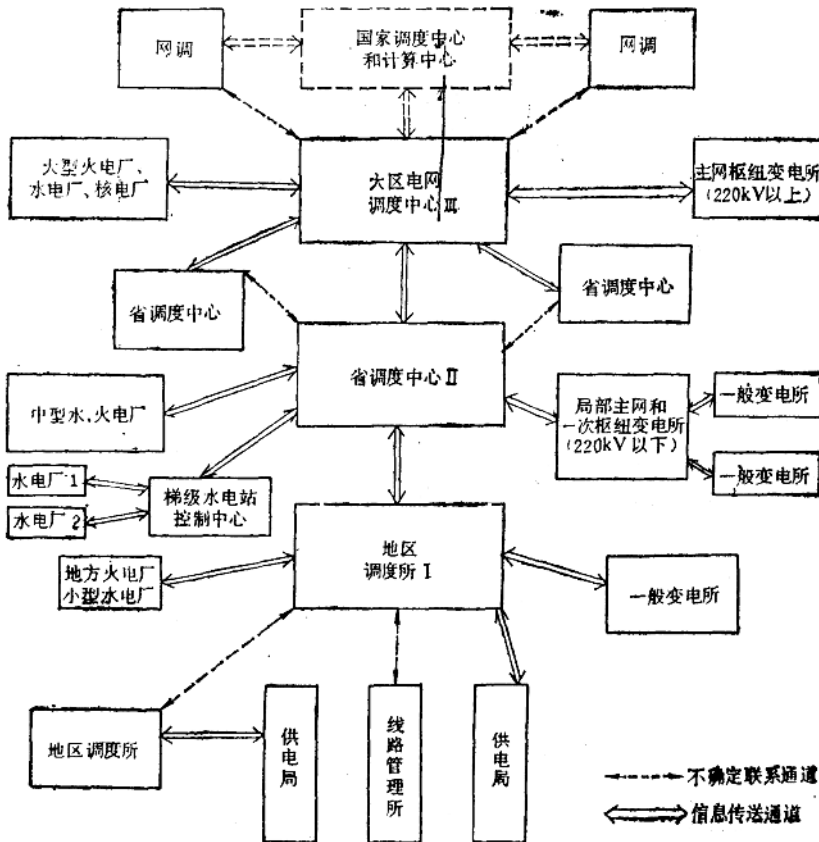


图 1-3 电力系统三层控制系统模型

实际上, 不同地区由于地理条件和用电情况不同, 网络结构差异是很大的。各地区调度所控制和管理规模的分割必须经过充分的经济和可靠性论证。

我国目前各级调度所的管辖范围如图1-3中所示。各大区(网)调度中心除与所属省调进行协调控制外, 同时对主网中的大型火电厂、水电厂(包括蓄能水电厂)、核电厂和主网上500(220)kV枢纽变电所(包括超高压换流站)进行监视和控制。各省调度中心则对地调进行协调控制, 同时还直接对地区中型火电厂、水电厂、局部主网变电所和一次枢纽变电所进行监视和控制。各调度级的管辖范围也随系统网络结构的发展而变化。

#### 四、电力系统各层控制系统的任务

根据MEPS自动控制要求形成分层控制的计算机网络系统, 各级调度中心或调度所的任务见表1-1。由表1-1可知, 各级调度中心或调度所的控制权限是明确的。如系统自动发电控制(AGC)是负载频率控制(LFC)和经济调度(EDC)的总和, 由网调和省调担负。如对某些厂、所监视信息需传送至网调和省调, 信息传送有时有重叠, 可采用直接或间接方式传送信息。

表 1-1 各级调度中心(或调度所)控制和管理任务

层别	名 称	控 制 和 管 理 任 务 内 容
3	大区电网调度中心 (简称网调)	1. 区网负荷预测安排系统结构和发电计划 2. 频率-有功功率控制、经济运行调度控制 3. 区主网枢纽点电压监视和无功功率控制 4. 区网安全监视、预防事故分析和校正控制 5. 区网正常操作和事故处理 6. 区网检修计划 7. 调度记录、统计业务
2	省调度中心 (简称省调)	1. 省网负荷预测并按经济原则(如机组经济组合)作出局部主网和省网系统结构的调度及所属发电厂发电计划 2. 省主网和110kV系统枢纽点电压监视和无功控制 3. 省主网和110kV系统安全监视和控制 4. 不影响区网的局部性正常操作和故障处理 5. 管理范围内的网损计算和检修计划 6. 水库调度, 水电厂发电计划 7. 调度记录报告(对上级)、统计业务
1	地区调度所(简称地调)或中间控制所 (即某些厂、所承担对其附近子厂、所的控制和信息传递功能)	1. 局部110kV系统枢纽点电压监视和控制 2. 区部110kV系统安全监视和控制 3. 局部110kV系统正常操作和故障处理 4. 管辖范围内的网损计算和检修计划 5. 对所属供电局的业务联系 6. 统计业务

#### 五、分层控制系统中控制和管理信息传送

电力系统规模越来越大, 自动控制水平的提高, 所需传送的信息量也越益增多, 重要性也增加。因为信息是系统进行监视和控制的重要依据, 因此, 建立一个完善而可靠的信息网络(指控制和管理用的信息)是实现电力系统综合自动控制(SAC)最基本的要求。



### (一) 信息的种类

#### 1. 数值信息 (即遥测信息)

数值信息表示电力系统运行的实时参数, 如发电机出力、母线电压、线路有功功率、无功功率、变压器分接头位置等, 以数字量 (或模拟量) 的形式传递。

#### 2. 状态信息 (遥信或遥控命令)

状态信息表示电力系统设备运行的状态, 如断路器和隔离开关的合、断状态, 保护动作信号, 实时运行参数越限警告, 设备操作命令等, 以逻辑量的形式传送。

#### 3. 通信信息

通信信息是为了传送记录或报表, 其中不仅有数值, 还有文字和符号, 按一定编码形式传送。

### (二) 分层控制系统传送信息内容

如图1-3所示, 电力系统各层间的信息交换形成信息网络, 信息传送往往是双向的。称由高层向低层传送的信息为下行信息, 由低层向高层传送的信息为上行信息。整个系统的信息量可以多达上万个以上, 现将主要信息列于表1-2中。

表 1-2 发电厂、变电所与所属调度之间传送的主要信息

工作性质	信 息 传 送 方 向 信 息 用 途	信 息 名 称	
		厂、所→调度	调度→厂、所
系统控制	频率和有功功率控制 (LFC+EDC)	发电机输出(有功、无功) 变压器有功 联络线潮流(有功、无功电流) 频率(对可能解列或局部网) 发电机控制状态 水库水位等	发电机起停命令 发电机输出给定指令 负荷频率控制信号(LFC) 经济调度控制信号(EDC) (以上信息内容视调度级别而定)
系统控制	电压和无功功率控制 (AVC)	母线电压(电压控制点)、发电机 无功, 联络线、支路无功, 无功补 偿设备(调相机、电容器等)状态, 变 压器无功, 分接头位置	变压器分接头调整, 无功设备投 切和调整控制(包含发电机)电压、 无功限值
	网络结构控制	操作命令执行返回信号, 断路器、 隔离开关合断状态	断路器等操作命令
系统监视	模拟盘和CRT显示	除控制监视信息外还有: 断路器、隔离开关状态; 发电机运 行状态; 厂、所总功率和电量; 事 故顺序记录; 母线潮流; 自动装置 动作状态; 继电保护定值; 功率角; 对时信号; 厂、所某些设备的限值	

### (三) 信息传递结构

我国目前电力系统中实现信息传送主要是依靠远动装置, 它是一个独立装置。随着计算机、微机的广泛应用, 远动装置的结构也发生了本质性变化, 由原来1对1 (即一套厂、所端远动发送装置对应一套调度端远动接收装置) 变成目前微机结构型式的N对1 (即一