

Electric Power Technology

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI (高职高专教育)



DIANLI XITONG
ZIDONG ZHUANGZHI YUANLI

电力系统 自动装置原理

丁书文 主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

中国电力出版社



电力系统 自动装置原理

第二版



中国电力出版社

Electric Power Technology

普通高等教育“十一五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI

(高职高专教育)



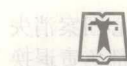
TM 76
DS30-1

要 要 容 内

DIANLI XITONG
ZIDONG ZHUANGZHI YUANLI

电力系统 自动装置原理

主 编 丁书文
编 写 李全意 李 斌 白亚为
主 审 龚庆武



中国电力出版社

http://jc.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材（高职高专教育）。

本书共分为九章，主要内容包括：自动装置及其数据的采集与处理、同步发电机的自动并列、输电线路的自动重合闸、备用电源和备用设备自动投入装置、同步发电机的微机励磁调节、自动按频率减负荷装置、微机故障录波装置、电力系统自动调频和电力系统其他自动装置。本书以微型自动装置为线索，集中体现了微机技术在电力系统自动化装置中应用的新技术、新知识、新方法；原理上以讲清楚概念、强化应用为重点，始终贯穿实用化和简单通俗的原则；内容编排上由浅入深，同时在每章后均附有复习思考题，可读性强。

本书可作为高职高专院校电力技术专业教材，也可作为中职相关专业教材和从事电力系统自动化装置工作的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力系统自动装置原理/丁书文主编. —北京：中国电力出版社，2007

普通高等教育“十一五”规划教材. 高职高专教育

ISBN 978 - 7 - 5083 - 5413 - 2

I. 电... II. 丁... III. 电力系统—自动装置—理论—高等学校：技术学校—教材 IV. TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 045498 号

中国电力出版社出版、发行

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

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 5 月第一版 2007 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.25 印张 324 千字

印数 0001—3000 册 定价 21.00 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

绪 论

一、现代电力系统及其运行

随着三峡工程和一大批大型水电、火电工程的开发建设，我国电力工业进入了以三峡水电厂为中心，辐射四方，西电东送，南北互供，全国联网，在更大范围内优化资源配置的新的历史阶段。在西北地区建成的 750kV 输变电系统，成为西北电网的主网架；国家电网公司 1000kV 级交流和 ± 800 kV 级直流输电等特高压电网的建设工作也在积极开展。特高压电力系统的特点将对电力系统自动化、电网安全稳定等提出更高的要求。为了更好地保证安全、经济运行并保证电能质量，电力系统设备的运行越来越依赖于自动控制技术的提高，从而促进了电力系统自动控制技术的不断发展。

电力系统的规模越来越大体现在两方面：一方面是单机容量越来越大，我国目前最大的火电机组单机容量为 100 万 kW；另一方面是电网规模越来越大。为了合理利用能源，提高经济效益，一些孤立的、较小的电力系统也逐步联合起来形成联合电力系统。如我国目前的东北、华北、华东、华中、西北、西南、南方电力系统等跨省的大区联合电力系统，以后将逐步形成全国性的联合电力系统，国外甚至还有跨国的大规模联合电力系统。

联合电力系统的建立，不只是规模巨大，而且还导致电力系统的结构越来越复杂，电站类型增多。由于经济原因，一些电站远离负荷中心，要采用超高压交流或直流的远程输电，形成超高压交、直流混合系统。同时，电压等级层次增加、构成系统部件数量增多、环网重叠等，使电力系统的结构更加复杂。由于电力系统规模大、电网结构复杂，因而对电力系统运行水平的要求愈来愈高。

电能在生产、传输和分配过程中遵循着功率平衡的原则。所以发电厂、变电站、输配电线路和用户构成的电力系统是一个联系十分紧密的有机整体，任何一个环节发生故障都会影响到电力系统的稳定运行，严重时还会造成恶性事故，导致系统崩溃。大规模电力系统结构的复杂性必然导致系统运行的复杂性和多变性。从经济运行的角度看，电网愈大，经济运行的问题愈复杂，所以不可能依赖调度人员的经验和直观判断来处理复杂多变的突发事件，必须借助计算机系统、相应理论及相关自动装置来实现。由于实现系统经济运行能带来巨大的经济效益，因此，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。从安全方面来说，大规模电力系统由于结构复杂、出故障率增加、故障影响面广，要求利用计算机进行实时事故处理。

电力系统的组成如图 0-1 所示。发电厂转换、生产电能，按一次能源的不同又

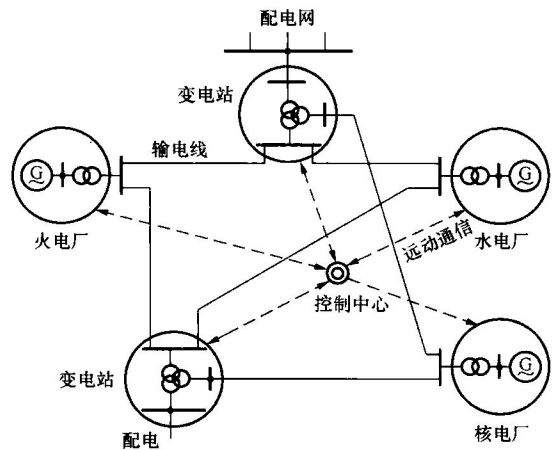


图 0-1 电力系统的组成

的武汉大学龚庆武教授（博导），对本书内容提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢。

尽管编写时参考了本领域许多著作，整理和引用了国内外部分文献和技术资料，但由于本书所涉及内容大多数为新原理、新技术，限于作者的理论水平有限、实践经验不够、理解不深等原因，书中错误和缺点在所难免，望读者批评指正。

作者

2007年4月于郑州

力系统的安全、经济运行水平。电力系统中各发电厂、变电站把反应电力系统运行状态的实时信息，由远动终端装置和通信装置传送至调度中心的计算机系统，由计算机信息处理系统及时地对电力系统的实时运行状态进行分析计算，通过人机联系系统向运行人员显示完整而准确的信息；同时由调度中心根据系统运行的要求作出对电力系统实施的控制决策，再通过远动的下行通道送到各个厂站；最后由现场的自动装置按照调度指令对电力系统进行控制和调节。图 0-2 示出了自动监视与控制系统的工作模式图。

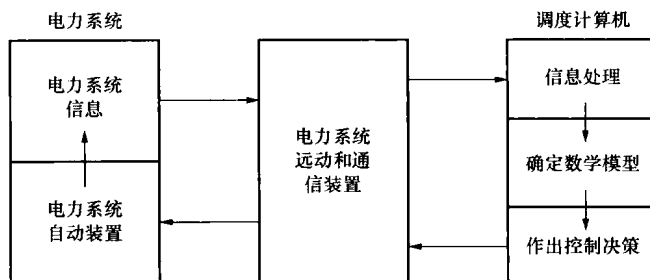


图 0-2 自动监测与控制系统的工作模式图

2. 电厂动力机械自动控制系统

该控制系统主要是为电厂的动力机械自动控制服务的。电厂的动力机械随电厂类型不同而有很大的差别，其控制要求和控制规律也相差很大。火电厂需要控制的是锅炉、汽轮机 etc 热力设备，大容量火力发电机组自动控制系统主要有炉协调主控系统、锅炉自动控制系统、汽轮机自动控制系统、发电机电气控制系统以及辅助设备自动控制系统等。水电厂需要控制的则是水轮机、调速器以及水轮发电机励磁自动控制系统等。我国的葛洲坝水电厂和三峡水电厂的自动化控制水平较高，可以实现全自动。除火电和水电外，目前核电也是我国正在大力发展的电源之一，如我国自主设计建造的秦山核电厂、秦山第二与第三核电厂等，其自动控制系统将更加先进、更加可靠。

3. 变电站自动控制系统

变电站自动控制系统是在原来常规变电二次系统的基础上发展起来的，随着微机监控技术在电力系统和电厂自动化系统中的不断发展，微机监控、监测技术也开始引入变电站。目前各地正大力开展的无人值守变电站的设计、改造工作，将变电站综合自动化程度推向了一个更高的阶段。

4. 电力系统自动装置

对发电厂、变电站设备运行进行控制与操作的自动装置，是保证电力系统安全、经济运行和保证电能质量的基础自动化设备。电气设备的自动操作装置分为正常操作和反事故操作两种类型。如发电机按运行计划并网运行的操作为正常操作；电网突然发生事故，为防止事故扩大的紧急操作为反事故操作。针对电力系统的系统性事故采取相应对策的自动操作装置称为电力系统安全自动控制装置。

自动操作装置包括发电机组的自动并列、自动解列、自动切机、自动按频率减负荷、备用电源自动投入装置等。电气设备的自动调节装置是保证电力系统正常、稳定运行，保证电网电能质量符合指标，进而实现电网经济运行的重要自动化装置。图 0-3 所示的同步发电机有两个可控输入量——动力元素和励磁电流，其输出量为有功功率和无功功率，它们还分别与电网的频率和发电机端电压的电能质量有关。因此图 0-3 中所示的 $P-f$ 控制器和

目 录

| | |
|----------------------------|-----------|
| 前言 | |
| 绪论 | 1 |
| 第一章 自动装置及其数据的采集与处理 | 5 |
| 第一节 自动装置的硬件和软件 | 5 |
| 第二节 数据的采集与处理 | 9 |
| 复习思考题 | 13 |
| 第二章 同步发电机的自动并列 | 15 |
| 第一节 并列操作简述 | 15 |
| 第二节 准同期并列条件分析及整定 | 17 |
| 第三节 自动准同期装置的基本构成 | 21 |
| 第四节 自动准同期装置的工作原理 | 23 |
| 第五节 微机型自动准同期装置 | 29 |
| 第六节 典型的微机自动准同期装置举例 | 37 |
| 复习思考题 | 46 |
| 第三章 输电线路的自动重合闸 | 47 |
| 第一节 输电线路自动重合闸的作用及基本要求 | 47 |
| 第二节 输电线路三相一次自动重合闸 | 49 |
| 第三节 双侧电源线路的三相自动重合闸 | 57 |
| 第四节 自动重合闸与继电保护的配合 | 63 |
| 第五节 输电线路的综合自动重合闸 | 65 |
| 第六节 输电线路重合闸方式的选定 | 70 |
| 复习思考题 | 72 |
| 第四章 备用电源和备用设备自动投入装置 | 73 |
| 第一节 备用电源的备用方式 | 73 |
| 第二节 对备用电源和备用设备自动投入装置的基本要求 | 74 |
| 第三节 备用电源自动投入装置的工作原理 | 76 |
| 第四节 厂用电快速切换 | 81 |
| 复习思考题 | 85 |
| 第五章 同步发电机的微机励磁调节 | 86 |
| 第一节 同步发电机的励磁系统 | 86 |
| 第二节 励磁系统中的可控整流电路 | 94 |
| 第三节 同步发电机自动励磁调节装置工作原理 | 101 |
| 第四节 同步发电机的强行励磁和灭磁 | 115 |

| | |
|---------------------------------------|-----|
| 第五节 并联运行机组间无功功率的分配 | 120 |
| *第六节 典型的微机励磁调节装置举例 | 122 |
| 复习思考题 | 131 |
| 第六章 自动按频率减负荷装置 | 132 |
| 第一节 概述 | 132 |
| 第二节 AFL 的工作原理 | 136 |
| 第三节 AFL 的防误动措施及其闭锁方式 | 142 |
| 第四节 自动按频率减负荷装置举例 | 144 |
| 复习思考题 | 145 |
| 第七章 微机故障录波装置 | 147 |
| 第一节 故障录波概述 | 147 |
| 第二节 微机故障录波装置的工作原理 | 150 |
| 第三节 微机故障录波装置举例 | 154 |
| 第四节 微机故障录波装置的实际应用 | 158 |
| 复习思考题 | 162 |
| 第八章 电力系统自动调频 | 163 |
| 第一节 频率调节概述 | 163 |
| 第二节 电力系统负荷变化与调频措施 | 164 |
| 第三节 电力系统频率的调整 | 165 |
| *第四节 调速器原理 | 167 |
| 复习思考题 | 174 |
| 第九章 电力系统其他自动装置 | 175 |
| 第一节 小电流接地系统电容电流自动跟踪补偿及其单相接地选线装置 | 175 |
| 第二节 电压和无功功率的综合自动控制 | 187 |
| 第三节 失步解列装置 | 199 |
| 第四节 低压减载 | 202 |
| 复习思考题 | 204 |
| 参考文献 | 206 |

绪 论

一、现代电力系统及其运行

随着三峡工程和一大批大型水电、火电工程的开发建设，我国电力工业进入了以三峡水电厂为中心，辐射四方，西电东送，南北互供，全国联网，在更大范围内优化资源配置的新的历史阶段。在西北地区建成的 750kV 输变电系统，成为西北电网的主网架；国家电网公司 1000kV 级交流和 ± 800 kV 级直流输电等特高压电网的建设工作也在积极开展。特高压电力系统的特点将对电力系统自动化、电网安全稳定等提出更高的要求。为了更好地保证安全、经济运行并保证电能质量，电力系统设备的运行越来越依赖于自动控制技术的提高，从而促进了电力系统自动控制技术的不断发展。

电力系统的规模越来越大体现在两方面：一方面是单机容量越来越大，我国目前最大的火电机组单机容量为 100 万 kW；另一方面是电网规模越来越大。为了合理利用能源，提高经济效益，一些孤立的、较小的电力系统也逐步联合起来形成联合电力系统。如我国目前的东北、华北、华东、华中、西北、西南、南方电力系统等跨省的大区联合电力系统，以后将逐步形成全国性的联合电力系统，国外甚至还有跨国的大规模联合电力系统。

联合电力系统的建立，不只是规模巨大，而且还导致电力系统的结构越来越复杂，电站类型增多。由于经济原因，一些电站远离负荷中心，要采用超高压交流或直流的远程输电，形成超高压交、直流混合系统。同时，电压等级层次增加、构成系统部件数量增多、环网重叠等，使电力系统的结构更加复杂。由于电力系统规模大、电网结构复杂，因而对电力系统运行水平的要求愈来愈高。

电能在生产、传输和分配过程中遵循着功率平衡的原则。所以发电厂、变电站、输配电线路和用户构成的电力系统是一个联系十分紧密的有机整体，任何一个环节发生故障都会影响到电力系统的稳定运行，严重时还会造成恶性事故，导致系统崩溃。大规模电力系统结构的复杂性必然导致系统运行的复杂性和多变性。从经济运行的角度说，电网愈大，经济运行的问题愈复杂，所以不可能依赖调度人员的经验和直观判断来处理复杂多变的突发事件，必须借助计算机系统、相应理论及相关自动装置来实现。由于实现系统经济运行能带来巨大的经济效益，因此，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。从安全方面来说，大规模电力系统由于结构复杂、出故障率增加、故障影响面广，要求利用计算机进行实时事故处理。

电力系统的组成如图 0-1 所示。发电厂转换、生产电能，按一次能源的不同又

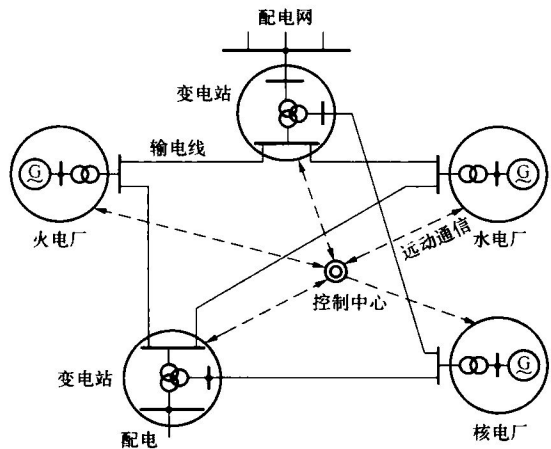


图 0-1 电力系统的组成

分为火电厂、水电厂、核电厂、潮汐发电厂、抽水蓄能电站等不同类型的电厂。各类电厂的生产过程各不相同，控制规律各异，它们在电力系统运行中的任务也有所侧重，但是，安全经济地完成给予的发电任务是对各类电厂共同的要求。

配电网是直接向用户供电的地区电网。随着城乡经济建设的发展和电气化程度的提高，人们对供电可靠性也提出了更高的要求。

调度控制中心对所管辖的电力系统进行监视和控制，其主要任务是利用电网调度自动化技术合理地调度所属各发电厂的出力，制定运行方式，及时处理电力系统运行中所发生的问题，确保系统的安全经济运行。

电网调度自动化是借助现代化的通信技术，将电力系统各种运行方式下瞬息万变的实时数据传送到调度中心，利用计算机进行处理，实现电力系统的状态估计，满足实时调度需要，保证电力系统运行的稳定性，保证电能质量。电网调度自动化可以实现电力系统经济出力的实时调度，在有功功率平衡的基础上，不断跟踪系统负荷的变化，进行功率的合理分配，实现电力系统的经济调度，合理利用能源。电网调度自动化还可以对电力系统进行安全分析。所谓安全分析就是利用调度计算机对当前的运行状态进行事故预想，通过事故预想，不仅可以给调度人员提供正确的反事故措施，而且可评价当前运行方式的安全水平，从而，调度人员可选择出合理的最优运行方式，大大提高系统的安全水平。当系统事故发生后，调度计算机应根据系统的实时运行情况和事故情况提供正确的、强有力的事故处理措施，并自动处理，将事故的影响减小到最低程度。

应当看到，电网调度自动化是效果显著、经济效益高、提高电力系统安全经济运行水平的主要技术措施，应加快发展这方面的技术。

二、现代电力系统自动控制的主要内容

为了适应现代电力系统的特点，保证安全可靠地供电，保证电能质量以及电力系统的安全经济运行，协调和控制电力系统各组成部分的运行方式，必须应用现代自动化技术来实现电力系统的自动控制。对电力系统自动控制的基本要求是：

(1) 迅速而正确地收集、检测和处理电力系统各元件、局部系统或全系统的运行参数。

(2) 根据电力系统的实际运行状态和系统各元件的技术、经济和安全要求，为运行人员提供调节和控制的决策，或者直接对各元件进行调节和控制。

(3) 实现全系统各层次、各局部系统和各元件间的综合协调，寻求电力系统质量、经济和安全多目标的最优运行方式。

(4) 电力系统自动控制不仅能节省人力、减轻劳动强度，而且还能减少电力系统事故，延长设备寿命，全面改善和提高运行性能，特别是在发生事故的情况下，能避免连锁性事故发生和大面积停电。

电力系统自动控制是指应用各种自动检测、决策和控制功能的装置，通过信号和数据传输系统对电力系统各元件、局部系统或全系统运行进行就地或远方的自动监测、调节和控制。其目的是保证电力系统安全、经济运行和具有合格的电能质量。根据电力系统的组成和运行特点，电力系统自动控制大致划分为四个不同内容的系统。

1. 电力系统自动监视与控制系统

该控制系统（又称电力系统调度自动控制系统），主要是为了合理监视、控制和协调日益扩大的电力系统的运行状态，及时处理影响整个系统正常运行的事故和异常现象，提高电

电力系统的安全、经济运行水平。电力系统中各发电厂、变电站把反应电力系统运行状态的实时信息，由远动终端装置和通信装置传送至调度中心的计算机系统，由计算机信息处理系统及时地对电力系统的实时运行状态进行分析计算，通过人机联系系统向运行人员显示完整而准确的信息；同时由调度中心根据系统运行的要求作出对电力系统实施的控制决策，再通过远动的下行通道送到各个厂站；最后由现场的自动装置按照调度指令对电力系统进行控制和调节。图 0-2 示出了自动监视与控制系统的工作模式图。

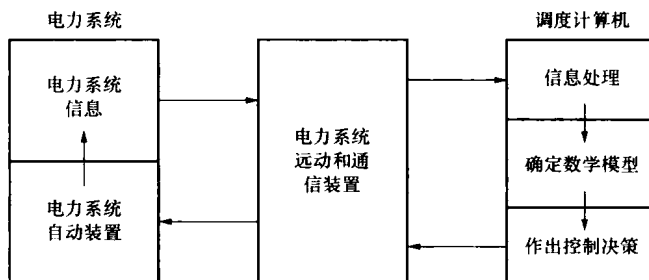


图 0-2 自动监测与控制系统的工作模式图

2. 电厂动力机械自动控制系统

该控制系统主要是为电厂的动力机械自动控制服务的。电厂的动力机械随电厂类型不同而有很大的差别，其控制要求和控制规律也相差很大。火电厂需要控制的是锅炉、汽轮机等热力设备，大容量火力发电机组自动控制系统主要有有机炉协调主控系统、锅炉自动控制系统、汽轮机自动控制系统、发电机电气控制系统以及辅助设备自动控制系统等。水电厂需要控制的则是水轮机、调速器以及水轮发电机励磁自动控制系统等。我国的葛洲坝水电厂和三峡水电厂的自动化控制水平较高，可以实现全自动。除火电和水电外，目前核电也是我国正在大力发展的电源之一，如我国自主设计建造的秦山核电厂、秦山第二与第三核电厂等，其自动控制系统将更加先进、更加可靠。

3. 变电站自动控制系统

变电站自动控制系统是在原来常规变电二次系统的基础上发展起来的，随着微机监控技术在电力系统和电厂自动化系统中的不断发展，微机监控、监测技术也开始引入变电站。目前各地正大力开展的无人值守变电站的设计、改造工作，将变电站综合自动化程度推向了一个更高的阶段。

4. 电力系统自动装置

对发电厂、变电站设备运行进行控制与操作的自动装置，是保证电力系统安全、经济运行和保证电能质量的基础自动化设备。电气设备的自动操作装置分为正常操作和反事故操作两种类型。如发电机按运行计划并网运行的操作为正常操作；电网突然发生事故，为防止事故扩大的紧急操作为反事故操作。针对电力系统的系统性事故采取相应对策的自动操作装置称为电力系统安全自动控制装置。

自动操作装置包括发电机组的自动并列、自动解列、自动切机、自动按频率减负荷、备用电源自动投入装置等。电气设备的自动调节装置是保证电力系统正常、稳定运行，保证电网电能质量符合指标，进而实现电网经济运行的重要自动化装置。图 0-3 所示的同步发电机有两个可控输入量——动力元素和励磁电流，其输出量为有功功率和无功功率，它们还分别与电网的频率和发电机端电压的电能质量有关。因此图 0-3 中所示的 $P-f$ 控制器和

Q-U 控制器就是电力系统维持电能质量的自动频率调节系统和自动励磁控制系统。

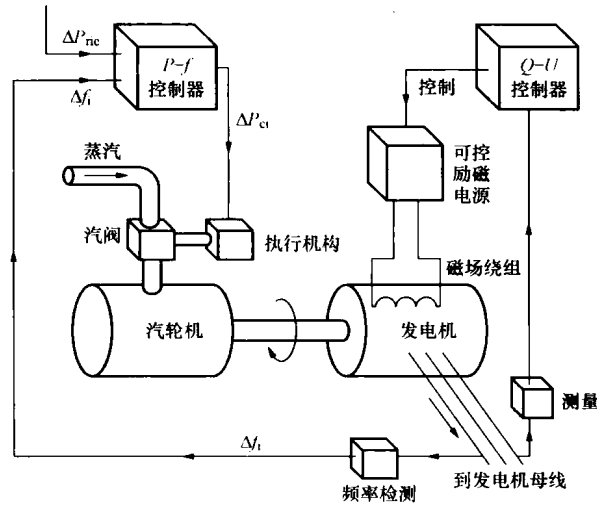


图 0-3 自动调节（控制）装置控制示意图

三、电力系统自动装置的内容

电力系统自动装置，在通常情况下指的是备用电源和备用设备自动投入及其厂用电快速切换、输电线路自动重合闸、同步发电机自动调节励磁、按频率自动减负荷、按电压自动减负荷、自动解列、自动调频装置等。同步发电机自动并列、线路自动并网装置也属于电力系统安全自动装置。应当指出，电力系统继电保护是重要的自动装置，但已自成体系另设课程，通常不再列入自动装置范围。

备用电源和备用设备自动投入、输电线路自动重合闸装置可提高供电可靠性，厂用电快速切换装置可保证厂用电的安全可靠运行；同步发电机自动调节励磁装置可保证系统电压水平，提高电力系统稳定性以及加快故障切除后电压的恢复过程；按频率自动减负荷装置可防止电力系统因事故发生功率缺额时频率的过度降低，保证了电力系统的稳定运行；按电压自动减负荷装置可防止电力系统无功不足时引发的系统失去稳定运行的可能性；自动解列装置可防止系统稳定性破坏时引起系统长期、大面积停电和对重要地区的破坏性停电；自动调频装置可保证电力系统正常运行时有功功率的自动平衡，使系统频率在规定范围内变动，同时使有功功率分配合理，提高了系统运行的经济性；同步发电机自动并列装置不仅保证了同步发电机并列操作的正确性和安全性，同时也加快了发电机并列的过程。

上述这些自动装置在电力系统中的应用相当普遍，直接为电力系统的安全、经济运行和保证电能质量服务，发挥着极其重要的作用。

第一章 自动装置及其数据的采集与处理

第一节 自动装置的硬件和软件

随着计算机技术的飞速发展，利用微机构成电力系统自动装置的技术已非常成熟并广泛应用。电力系统运行的主要参数是连续的模拟量，而计算机内部参与运算的信号是离散的二进制数字信号，所以，自动装置的主要任务是将连续的模拟信号采集并转换成离散的数字信号后进入计算机，即数据采集和模拟信号的数字化。

本章重点介绍电力系统自动装置硬件的基本结构形式及数据采集和处理的工作原理。

一、硬件组成形式

从硬件方面看，目前电力系统自动装置的结构形式主要有三种，即微型计算机系统、工业控制计算机系统和集散控制系统（DCS）。在电力系统中，对于控制功能单一的自动装置所需采集的电气量不是很多，微型计算机系统就可满足运行要求，例如同步发电机自动并列装置；对于控制功能要求较高、软件开发任务较为繁重的系统，大多采用工业控制计算机系统，例如发电机励磁自动调节系统；而对于分散的多对象的成套监测控制装置则采用 DCS，例如发电厂、变电站一些远动装置以及热电厂机炉集控系统等。

（一）微型计算机系统

微型自动装置基本上按模块化设计，即一套装置的硬件都是由若干模块组成的。不同的自动装置，其硬件结构基本上大同小异，所不同的是软件及硬件模块化的组合与数量。不同的功能用不同的软件来实现，不同的使用场合按不同的模块化组合方式构成。一套微型自动装置的典型硬件结构，主要包括模拟量输入/输出回路、微型机系统、开关量输入/输出回路、人机对话接口回路、通信回路和电源等，如图 1-1 所示。

1. 模拟量输入/输出回路

来自自动装置测控对象的电压、电流等信号是模拟量信号，是随时间连续变化的物理量。由于微机系统是一种数字电路设备，只能接受数字脉冲信号、识别数字量，所以就需要将这一类模拟信号转换为相应的微机系统能接受的数字脉冲信号。同时，为了实现对电力生产过程或电力输配过程的监控，有时还需要输出模拟信号，去驱动模拟调节执行机构工作，这就需要模拟量输出回路。

2. 开关量输入/输出回路

在数据采集系统中，除模拟信号外，还有大量的以二进制数字变化为特点的信号，如断路器/隔离开关的状态、某些数值的限内或越限、断路器的触点以及人机联系的功能键的状态等。开关量输入电路的基本功能就是将测控对象需要的状态信号引入微机系统，如线路断路器状态等；输出电路主要是将 CPU 送出的数字信号或数据进行显示、控制或调节，如断路器跳闸命令和光字牌、报警信号等。

3. CPU 及存储控制部分

CPU 及存储控制部分是自动装置硬件系统的数字核心部分，对系统的工作进行控制和管理，对采集到的数据做必要处理，然后根据要求作出判断和发出指令等。其一般由 CPU、

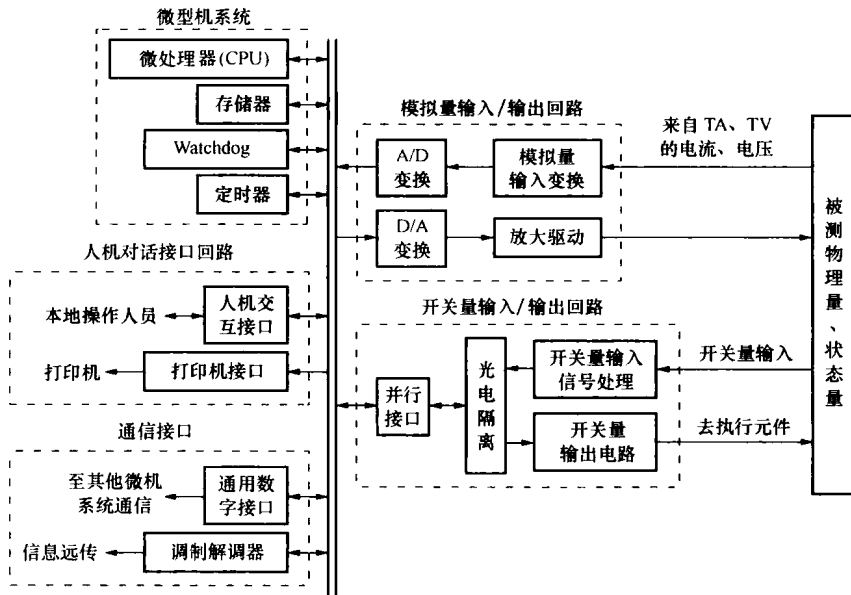


图 1-1 微型机自动装置的典型硬件结构框图

存储器、定时器/计数器、Watchdog 等组成。

CPU 是微机系统自动工作的指挥中枢，计算机程序的运行依赖于 CPU 来实现。因此，CPU 的性能好坏在很大程度上决定了计算机系统性能的优劣。当前自动装置所采用的 CPU 多种多样，且多为 8 位或 16 位 CPU。随着近几年来微电子技术突飞猛进的发展，新一代 32 位的 CPU 伴随着大规模/超大规模集成电路的广泛应用而在新一代自动装置中普遍使用。另一方面，随着数字信号处理器 (DSP) 的广泛应用，自动装置采用 DSP 来完成装置功能、实现装置功能算法已成为一种发展趋势，并逐步应用于实际。

计算机利用存储器把程序和数据保存起来，使计算机可以在脱离人的干预的情况下自动地工作。

定时器/计数器在自动化装置中十分重要，除计时作用外，还有两个主要用途：一是用来触发采样信号，引起中断采样；另一是在 U/f 变换式 A/D 中，定时器/计数器是把频率信号转换为数字信号的关键部件。

电力自动装置通常运行在强电磁干扰的环境中。当自动装置受到干扰导致微机系统运行程序出轨后，装置可能陷入瘫痪。Watchdog 的作用就是监视微机系统程序的运行情况，若自动装置受到干扰而失控，则立即动作以使程序重新开始工作，进入正常运行轨道。

4. 人机对话接口回路

人机对话接口回路主要包括打印、显示、键盘及信号灯、音响或语言告警等，其主要功能用于人机对话，如调试、定值整定、工作方式设定、动作行为记录、与系统通信等。

在微型机装置中，人机对话的主要内容有：

(1) 显示画面与数据，包括时间日期，报警画面与提示信息，装置工况状态显示，装置整定值，控制系统的配置显示（包括退出运行的装置的显示以及信号流程图表），控制系统的设定显示等内容。

(2) 输入数据，包括运行人员的代码和密码，运行人员密码更改，装置定值的更改，控

制范围及设定的变化,报警界限,告警设置与退出,手动/自动设置,趋势控制等。

(3) 人工控制操作,包括断路器及隔离开关操作,开关操作排序,变压器分接头位置控制,控制闭锁与允许,装置的投入和退出,设备运行/检修的设置,当地/远方控制的选择,信号复归等。

(4) 诊断与维护,包括故障数据记录显示,统计误差显示,诊断检测功能的启动。

5. 通信回路

通信回路的功能主要是完成自动装置间通信、监控系统与自动装置间通信及自动装置信息远传。

(二) 工业控制计算机系统

工业控制计算机系统一般由稳压电源、机箱和不同功能的总线模板以及键盘等外设接口组成。

工业控制计算机系统中内部总线种类繁多,而早期的工业控制计算机较多采用 STD 总线,即工业控制标准总线,广泛应用于冶金、化工和电力等领域。STD 总线工业控制机内对 56 根线做了合理的安排,信号之间的隔离消除了大部分总线上的干扰,单元为小模板结构,每块模板功能具有相当的独立性,实现了板级功能的分散。图 1-2 为 STD 总线工业控制机的结构示意图。其他工业控制计算机都具有相似的结构。

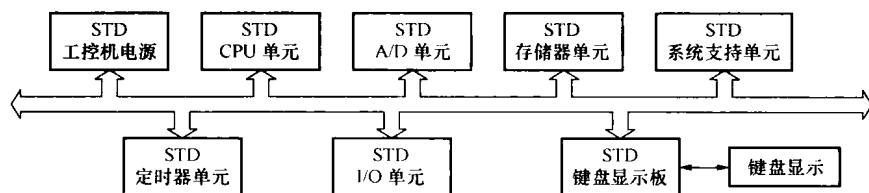


图 1-2 STD 总线工业控制机结构示意图

1. CPU 单元

CPU 单元的主要功能是作为 STD 总线的主处理单元,处理 STD 总线上的数据、地址和各种控制功能,并且控制其他 STD 功能单元的工作,以及进行整个工控系统的计算、数据处理、控制等工作。

2. A/D 单元

A/D 单元主要提供模/数转换的接口。模/数转换和数据读取的时刻可由 CPU 单元控制,也可由外部触发来决定。

3. 存储器单元

存储器单元的主要功能是作为通用存储器的扩展卡,卡上含有 STD 接口、译码、存储器、后备电池等,可防止失电后数据丢失。

4. 系统支持单元

系统支持单元是为 STD-PC 提供系统支持的功能单元。它包括设置开关、后备电池、实时时钟、看门狗 Watchdog 定时器、上电复位电路、总线终端网络及通信口。

5. 定时器单元

定时器是 STD 总线的独立外设,具有可编程逻辑电路。选通电路和输出信号,可完成定时、记数以及实现“看门狗”功能等。

6. I/O 单元

I/O 单元是实现开关量的输入/输出的功能单元，可以提供电平输出，也可以提供功率输出，各种信号输出均具有锁存功能。

7. 键盘显示板

该系统主要有键盘输入、显示输出、打印机接口等部分。

工业控制计算机系统的功能较微型计算机系统完善，可靠性和实时性通常也较微型计算机系统大为提高，已实现板级的分散，配有实时操作系统、过程中断系统等，具有丰富的过程输入/输出功能和软件系统，有众多的选配件和组态软件支持。

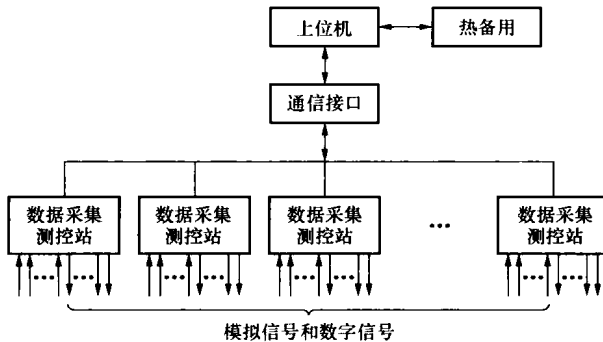


图 1-3 集散控制系统结构框图

(三) 集散控制系统 (DCS)

集散控制系统的结构框图如图 1-3 所示。集散控制系统是计算机网络技术在工业控制系统发展的产物，整个系统由若干个“数据采集测控站”、上位机和通信线路组成。

1. 数据采集测控站

数据采集测控站一般由单片机数据采集控制装置组成，位于生产设备附近，可独立完成数据采集和预处理

任务，可以将信号通过通信线路传至上位机，并能够接收上位机通过通信线路下达的控制指令进行现场控制。

2. 上位机

上位机一般采用工业控制机或工作站，配置打印机和其他外设；一般采用双机热备用方式，以确保系统的可靠性。它的工作是将各个站上传的数据进行分析处理，以及进行数据的存储和整个系统的协调，集中显示或打印各种报表。此外，上位机最重要的功能是根据数据处理的结果，确定控制的参数和方法，并将这些结果通过通信线路下达给相应的站。

上位机和工作站之间通常采用串行通信方式进行通信。介质访问方式一般为令牌形式，由上位机确定与哪一个工作站进行通信。

DCS 的系统适应性强，系统的规模可以根据实际情况建设；由于系统具有分散性，单一站的故障不会影响到整个系统，可靠性得到了提高；因为系统的各个站为并行结构，可解决大型、高速、动态系统的需要，实时性能较好；因为要进行集中数据处理，对于上位机应具有一定的技术要求。

二、软件

自动装置的正常工作，除了必须要有硬件外，还需要有软件支持。但软件随着具体应用的不同，其规模、功能及所采用的技术也不相同。因此，这里只提一下最基本的内容。

1. 信号采集与处理程序

采集的信息有数字信号和模拟信号两种，数字信号采集后可直接进入计算机存储，而模拟信号须经处理。模拟信号采集与处理程序的主要功能是对模拟输入信号进行采集、标度变换、滤波处理及二次数据计算，并将数据存入相应地址的存储单元。