



高等院校电气工程及其自动化专业系列精品教材

电力系统保护与控制

张艳霞 姜惠兰 编著



科学出版社
www.sciencep.com

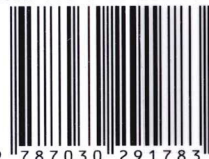
电力系统保护与控制

本书特点:

- 注重物理概念和工程应用, 体现新技术, 突出解决问题的思路与方法
- 内容安排合理, 易教易学, 思考题和习题设计多样
- 立足基本原理, 注重系统性, 突出渐进性
- 由浅入深, 内容精简, 逻辑性强
- 可为任课教师提供电子课件

高等院校电气工程及其自动化专业系列精品教材

- 信号分析与处理
- 电力系统基础
- 电力系统分析
- 电力电子技术
- 高电压技术
- 电器学
- 电力系统继电保护原理及新技术
- TMS320F2812 DSP应用技术
- 电力电子技术原理与应用
- 电力系统保护与控制
- 高压直流输电系统
- 电能生产过程



高等院校电气工程及其自动化专业系列精品教材

电力系统保护与控制

张艳霞 姜惠兰 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统阐述了电力系统继电保护及自动控制的原理和装置。内容包括:电力系统的电流保护,距离保护,纵联保护,发电机和变压器的保护,自动并列和重合闸装置,励磁自动控制和自动调频等装置的作用、原理、构成和分析方法。在对每种装置的阐述中,重点介绍微机型的构成方法。本书配有课件,可供教师免费使用。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化、电气工程等专业的本科生教材及相关专业研究生的教学参考书,还可供从事电力系统继电保护和自动控制的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统保护与控制/张艳霞,姜惠兰编著. —北京:科学出版社,2010
(高等院校电气工程及其自动化专业系列精品教材)
ISBN 978-7-03-029178-3

I. ①电… II. ①张…②姜… III. ①电力系统-继电保护-高等学校-教材
②电力系统-自动控制装置-高等学校-教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 195212 号

责任编辑:余 江 潘继敏 / 责任校对:张凤琴
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市农林印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 10 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 10 月第一次印刷 印张:15 1/4

印数:1—3 500

字数:368 000

定价:29.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

继电保护和自动控制是保障电力系统安全稳定运行的重要手段。随着电子技术、通信技术和计算机技术的发展,继电保护和自动控制技术进入了数字化、网络化阶段。同时,随着高等院校教学计划的修订,许多院校原有的“电力系统继电保护原理”课程和“电力系统自动装置原理”课程合二为一,成为“电力系统保护与控制”课程。为了顺应电力系统继电保护和自动控制技术的发展和高等院校课程改革的需要,编者编写了本书。

在编写过程中,吸取了天津大学贺家李、宋从矩合编的《电力系统继电保护原理》前三版教材的教学经验,立足基本原理和基本概念,力求反映当前电力系统的现场实际应用情况,体现原理和技术的现代化,突出渐进性和可读性。

通过本书的学习,学生将获得电力系统保护与控制的基本理论知识、基本分析方法和基本实验技能,学会用辩证统一的思想分析、解决问题,为毕业后继续深造或从事与电气工程相关的工作打下坚实的基础。

全书共分 10 章。其中,第 2~4 章、第 6 章和第 7 章由张艳霞编写;第 9 章和第 10 章由姜惠兰编写;第 1 章、第 5 章和第 8 章由两人共同编写。

由于编者水平所限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2010 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 电力系统继电保护的作用	1
1.2 继电保护装置的构成及对它的基本要求	2
1.3 电力系统自动控制的内容及控制方式	4
1.3.1 电力系统自动控制的主要内容	4
1.3.2 电力系统的分层控制方式	6
思考题和习题	8
第 2 章 电网的电流保护	9
2.1 电流继电器和辅助继电器	9
2.1.1 电流继电器	9
2.1.2 辅助继电器	11
2.2 单侧电源网络相间短路的电流保护	13
2.2.1 电流速断保护	13
2.2.2 限时电流速断保护	16
2.2.3 定时限过电流保护	17
2.2.4 电流保护的接线方式	20
2.3 多侧电源网络相间短路的方向性电流保护	21
2.3.1 多侧电源网络相间短路采用电流保护存在的问题	21
2.3.2 方向性电流保护的工作原理	21
2.3.3 功率方向继电器	22
2.3.4 相间短路功率方向继电器的接线方式	26
2.3.5 双侧电源网络中电流保护整定的特点	27
2.4 中性点直接接地电网的接地保护	29
2.4.1 中性点直接接地电网接地短路时零序分量的特点	29
2.4.2 零序分量过滤器	30
2.4.3 三段式零序电流保护	32
2.4.4 方向性零序电流保护	34
2.5 中性点非直接接地电网的单相接地保护	35
2.5.1 中性点不接地电网中单相接地故障的特点和保护方式	35
2.5.2 中性点经消弧线圈接地电网中单相接地故障的特点与保护方式	38
思考题和习题	41

第3章 电网的距离保护	42
3.1 距离保护的作用原理	42
3.2 阻抗继电器	42
3.2.1 构成阻抗继电器的基本原则	42
3.2.2 不同特性阻抗继电器动作方程的推导	43
3.2.3 阻抗继电器的实现方法	50
3.2.4 阻抗继电器的精确工作电流	52
3.2.5 方向性继电器的“死区”及消除方法	53
3.3 阻抗继电器的接线方式	55
3.3.1 对接线方式的基本要求	55
3.3.2 相间短路阻抗继电器的 0° 接线方式	55
3.3.3 接地短路阻抗继电器的零序电流补偿接线方式	56
3.4 距离保护的构成和整定计算原则	57
3.4.1 距离保护的构成	57
3.4.2 距离保护的整定计算原则	58
3.5 影响距离保护工作的因素	60
3.5.1 短路点过渡电阻对距离保护的影响	61
3.5.2 电力系统振荡对距离保护的影响	62
思考题和习题	68
第4章 数字式保护及控制装置基础	70
4.1 数字式保护及控制装置的特点	70
4.2 数字式保护及控制装置的硬件原理	70
4.3 数字式保护及控制装置的软件流程	75
4.4 数字式保护及控制装置的算法	78
思考题和习题	83
第5章 自动并列装置及自动重合闸	84
5.1 自动并列的意义和方式	84
5.2 准同期并列条件的分析	85
5.2.1 准同期并列的条件	85
5.2.2 准同期并列条件的分析及整定	86
5.3 自动准同期装置的基本原理	90
5.3.1 自动准同期装置的功能	90
5.3.2 自动准同期装置的构成	90
5.3.3 准同期并列合闸信号	90
5.3.4 恒定越前时间并列装置的控制逻辑	92
5.4 数字式自动准同期并列装置	93
5.4.1 数字式自动准同期并列装置的软件流程	93
5.4.2 电压差的检测及控制	94
5.4.3 频率差的检测及控制	96
5.4.4 越前时间的整定和合闸脉冲的形成	98

5.5	自动重合闸的作用及对其基本要求	102
5.6	三相自动重合闸	103
5.6.1	单侧电源线路的三相一次自动重合闸	103
5.6.2	双侧电源线路的三相一次自动重合闸	105
5.6.3	重合闸与继电保护的配合	107
5.7	单相自动重合闸和综合重合闸	108
5.7.1	单相自动重合闸	109
5.7.2	综合重合闸简介	111
	思考题和习题	112
第6章	输电线路纵联保护	113
6.1	纵联保护的基本原理和分类	113
6.2	纵联保护通道的构成原理及传送信号的分类	113
6.2.1	电力线载波通道	113
6.2.2	微波通道	114
6.2.3	光纤通道	115
6.2.4	导引线通道	116
6.2.5	电力线载波纵联保护传送信号的分类	116
6.3	纵联方向比较保护	116
6.3.1	高频闭锁负序方向保护	116
6.3.2	高频闭锁距离保护	118
6.4	纵联差动保护	119
6.4.1	纵联电流差动保护	119
6.4.2	纵联相差保护	123
	思考题和习题	128
第7章	电力变压器保护及母线保护	129
7.1	电力变压器的保护方式	129
7.2	变压器的纵联差动保护	129
7.2.1	变压器纵联差动保护的基本原理和构成原则	129
7.2.2	变压器纵联差动保护的特点	130
7.2.3	变压器纵联差动保护的整定计算原则	134
7.2.4	具有比率制动特性的差动继电器	135
7.3	变压器相间短路的后备保护	137
7.3.1	过电流保护	137
7.3.2	低电压启动的过电流保护	137
7.3.3	复合电压启动的过电流保护	138
7.3.4	负序过电流保护	139
7.4	变压器的接地保护	139
7.5	变压器的过励磁保护	142
7.6	母线保护和断路器失灵保护简介	143

7.6.1 母线保护简介	143
7.6.2 断路器失灵保护简介	144
思考题和习题	145
第8章 发电机励磁自动控制及保护	146
8.1 同步发电机自动励磁控制系统	146
8.1.1 励磁控制系统的任务	146
8.1.2 励磁控制系统的方式	150
8.1.3 对励磁控制系统的基本要求	154
8.2 励磁系统中的整流电路	155
8.2.1 三相桥式不可控整流电路	155
8.2.2 三相桥式全控整流电路	156
8.3 自动励磁调节装置原理及工作特性	160
8.3.1 励磁调节器的工作原理与特性	160
8.3.2 并联运行机组间的无功功率分配	166
8.4 数字式自动励磁调节器的工作原理	168
8.4.1 数字式自动励磁调节器的软件流程	168
8.4.2 电气量测量和调节算法	169
8.4.3 数字移相脉冲	171
8.4.4 自动励磁限制控制	172
8.5 发电机的保护方式	174
8.6 发电机的纵联差动保护	176
8.6.1 发电机纵联差动保护的原理接线和整定原则	176
8.6.2 发电机的不完全纵联差动保护	177
8.6.3 具有标积制动特性的发电机纵联差动保护	177
8.7 发电机定子绕组的匝间短路保护	178
8.7.1 横联差动电流保护	178
8.7.2 反应转子回路二次谐波电流的匝间短路保护	179
8.7.3 反应纵向零序电压的匝间短路保护	181
8.8 发电机的单相接地保护	182
8.8.1 发电机定子绕组单相接地的特点	182
8.8.2 利用零序电流构成的定子接地保护	183
8.8.3 利用零序电压构成的定子接地保护	184
8.8.4 100%定子接地保护简介	184
8.9 发电机的负序过电流保护	185
8.9.1 负序过电流保护的作用	185
8.9.2 反时限负序过电流保护	185
8.10 发电机的励磁回路接地保护	186
8.10.1 外加电压方式的一点接地保护	187
8.10.2 直流电桥式的一点接地保护	187

8.10.3 励磁回路两点接地保护	188
8.11 同步发电机的失磁保护	188
8.11.1 发电机失磁运行及其产生的影响	188
8.11.2 发电机失磁保护的阻抗判据	189
8.11.3 失磁保护的辅助判据	190
思考题和习题	190
第9章 电力系统频率及有功功率的自动调节	192
9.1 概述	192
9.1.1 频率及有功功率调节的意义	192
9.1.2 电力系统频率及有功功率的分层控制	192
9.2 电力系统的自动调频方法	193
9.2.1 概述	193
9.2.2 单区域系统的自动调频方法	195
9.2.3 联合电力系统的自动调频方法	199
9.3 电力系统频率调节系统的动态特性	201
9.3.1 调节系统的传递函数	201
9.3.2 频率调节系统的动态特性	206
9.4 电力系统有功功率经济分配控制	209
9.4.1 发电设备的经济特性	210
9.4.2 等微增率准则	210
9.4.3 考虑网络损耗的负荷经济分配	212
9.5 电力系统自动发电控制	213
9.5.1 自动发电控制的控制过程	213
9.5.2 AGC 的控制模式和软件流程	213
思考题和习题	215
第10章 其他安全自动控制装置简介	216
10.1 自动低频减载	216
10.1.1 频率变化的动态特性	216
10.1.2 自动低频减载装置的工作原理	218
10.2 备用电源自动投入及厂用电快速切除	221
10.2.1 概述	221
10.2.2 对备用电源自动投入装置的基本要求	222
10.2.3 典型备用电源自动投入装置及参数整定	223
10.2.4 厂用电快速切除	225
10.3 其他安全自动控制装置	228
思考题和习题	229
参考文献	231

第 1 章 绪 论

1.1 电力系统继电保护的作用

随着电力系统规模的日益扩大,对保证电网安全、经济运行和电能质量的要求在不断提高,继电保护和安全自动装置作为电力系统的卫士,成为电力系统中不可或缺的重要组成部分。

电力系统在正常运行的过程中,可能发生各种故障和不正常运行状态。发生故障的原因主要有:雷击、鸟兽跨越电器设备、电气设备维修不当或操作错误、电气设备绝缘强度下降等。最危险的故障是发生各种形式的短路,发生短路时可能产生以下的后果:

(1)通过故障点的很大的短路电流和所燃起的电弧,会损坏故障元件;

(2)短路电流通过非故障元件,由于发热和电动力的作用,引起它们的损坏或缩短它们的使用寿命;

(3)电力系统中部分地区的电压大大降低,破坏用户工作的稳定性或影响工厂产品质量;

(4)破坏电力系统并列运行的稳定性,引起系统振荡,甚至使整个系统瓦解。

电力系统中电气元件的正常工作遭到破坏,但没有发生故障,这种情况属于不正常运行状态。例如,过负荷就是一种最常见的不正常运行状态。由于过负荷,元件载流部分和绝缘材料的温度不断升高,加速绝缘材料的老化和损坏,进一步可能发展成故障。系统中出现功率缺额而引起的频率降低,发电机突然甩负荷而产生的过电压、电力系统振荡等,都属于不正常运行状态。

故障和不正常运行状态,都可能在电力系统中引起事故。事故,就是指系统或其中一部分的正常工作遭到破坏,并造成对用户少送电或电能质量变坏到不能容许的地步,甚至造成人身伤亡和电气设备的损坏。为了提高供电可靠性,防止造成上述严重后果,一是要对电气设备进行正确的设计、制造、安装、维护和检修,力求减少发生故障的可能性;二是对异常运行状态必须及时发现,并采取措施予以消除;三是一旦发生故障,必须迅速并有选择性地切除故障元件。

继电保护装置是指能反应电力系统中电气元件发生的故障或不正常运行状态,并动作于断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。它的基本任务是:

(1)自动、迅速、有选择地将故障元件从电力系统中切除,使故障元件免于继续遭到破坏,保证其他无故障部分迅速恢复正常运行。

(2)反应电气元件的不正常运行状态,并根据运行维护的条件(如有无经常值班人员),而动作于发出信号、减负荷或跳闸。一般情况下不要求保护迅速动作,而是根据对电力系统及其元件的危害程度经一定的延时动作于信号。

电业部门常用继电保护一词泛指继电保护技术和由各种继电保护装置组成的继电保护系统。继电保护装置则指具体的装置。

1.2 继电保护装置的构成及对它的基本要求

继电保护装置的发展经历了电磁型、感应型、整流型、晶体管型、集成电路型到微机型这样几个阶段。其中电磁型、感应型和整流型继电器由于具有机械转动部件,统称为机电式继电器;而晶体管型、集成电路型和微机型继电保护装置统称为静态式继电保护装置。无论是哪种形式的保护装置,其原理结构均可用图 1-1 表示。从图中可见,一套继电保护装置由测量部分、逻辑部分和执行部分所组成。测量部分测量从被保护对象输入的有关电气量,并与预先给定的整定值进行比较,根据比较的结果,确定被保护对象有无故障或不正常运行情况发生,从而给出一组逻辑信号。逻辑部分根据测量部分各输出逻辑信号的大小、性质、输出的逻辑状态、出现的顺序或它们的组合,使保护装置按一定的逻辑关系工作,最后确定是否应该使断路器跳闸或发出信号,并将有关命令传给执行部分。继电保护中常用的逻辑回路有“或”、“与”、“否”、“延时动作瞬时返回”、“瞬时动作延时返回”以及“记忆”等回路。执行部分根据逻辑部分输出的信号,送出跳闸信号或报警信号。

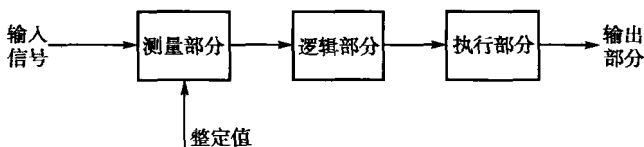


图 1-1 继电保护装置的原理结构图

电力系统各电气元件之间通常用断路器互相连接,每台断路器的操作机构都有相应的继电保护装置的输出信号接入。当继电保护装置动作后,向断路器发出跳闸信号,启动断路器的操作机构将断路器跳开以切断故障。目前,继电保护装置是以各电气元件作为被保护对象的,其切除故障的范围是断路器之间的区段。反应整个被保护元件上的故障,并能以最短的延时有选择性地切除故障的保护称为主保护;当主保护或断路器拒绝动作时,用来切除故障的保护称为后备保护。

电力系统对动作于跳闸的继电保护装置提出了四个基本要求,即选择性、速动性、灵敏性和可靠性,现分别讨论如下。

1. 选择性

继电保护动作的选择性是指保护装置动作时,仅将故障元件从电力系统中切除,使停电范围尽量缩小。

要满足选择性,必须从两方面出发进行考虑。一方面考虑哪个元件发生故障应由该元件上的保护装置动作切除故障。例如,在图 1-2 所示的网络接线中,当 k_1 点短路时,按照选择性的要求,应由距短路点最近的保护 1 和 2 动作跳闸,将故障线路切除,这样,变电所 B 则仍可由另一条无故障的线路继续供电;而当 k_2 点短路时,按照选择性的要求,应由保护 6 动作跳闸,切除线路 C-D,此时只有变电所 D 停电。

另一方面,考虑到继电保护或断路器有拒绝动作的可能性,需要考虑后备保护的问题。如图 1-2 所示,当 k_2 点短路时,应由保护 6 动作切除故障,但由于某种原因,该处的继电保护或断路器拒绝动作。此时如其前面一条线路(靠近电源侧)的保护 5 能动作,故障也可消除。能起保护 5 这种作用的保护称为相邻元件的后备保护。同理,保护 1 和 3

又应该作为保护 5 和 7 的后备保护。按以上方式构成的后备保护是在远处实现的,因此称为远后备保护。

在复杂的高压电网中,当实现远后备保护在技术上有困难时,也可以采用近后备保护的方式。即当本元件的主保护拒绝动作时,由本元件的另一套保护作为后备保护;当断路器拒绝动作时,由同一发电厂或变电所内的有关断路器动作,实现后备。为此,在每一元件上应装设单独的主保护和后备保护,并装设必要的断路器失灵保护。由于这种后备作用是在主保护安装处实现的,故称为近后备保护。

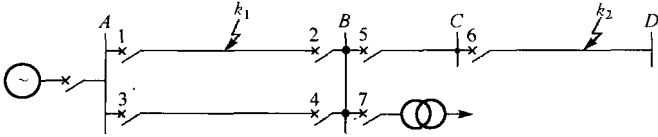


图 1-2 单侧电源网络的保护选择性动作说明

2. 速动性

当电力系统中发生故障时,继电保护装置应该能迅速动作切除故障。快速地切除故障可以提高电力系统并列运行的稳定性,减少用户在电压降低情况下的工作时间,缩小故障元件的损坏程度,还有利于电弧闪络处的绝缘强度恢复,从而提高再送电的成功率。

动作迅速同时又能满足选择性的保护装置,一般结构都比较复杂,价格比较昂贵。因此应根据被保护对象在电力系统中的地位和作用来确定对其保护动作速度的具体要求。对高压和超高压输电线路上发生的故障、大容量发电机和变压器中发生的故障要求保护能快速切除故障;而对低压线路允许其保护装置带有一定的延时切除故障。

故障切除的总时间等于保护装置和断路器动作时间之和。一般快速保护的动作为 $0.06 \sim 0.12\text{s}$,最快的可达 $0.01 \sim 0.04\text{s}$;一般断路器的动作时间为 $0.06 \sim 0.15\text{s}$,最快的可达 $0.04 \sim 0.06\text{s}$ 。

3. 灵敏性

灵敏性指的是继电保护装置对于其保护范围内发生故障或不正常运行状态的反应能力,通常用灵敏系数来衡量。满足灵敏性要求的保护装置应该是在事先规定的保护范围内部发生故障时,不论短路点的位置、短路的类型如何,以及短路点是否存在过渡电阻,都能敏锐感觉、正确反应。对各类保护灵敏系数的要求和计算方法将在后面相应的章节中分别予以讨论。

4. 可靠性

可靠性主要指就保护装置本身的质量和运行维护水平而言,要求在其规定的保护范围内发生了它应该动作的故障时,它不拒绝动作;而在任何其他不应该动作的情况下,不误动作。

一般说来,保护装置组成元件的质量越高、接线越简单、回路中继电器的触点数量越少,保护装置的工作就越可靠。同时,精细的制造工艺、正确的调整试验、良好的运行维护以及丰富的运行经验,对于提高保护装置的可靠性也具有重要作用。

提高继电保护装置不误动可靠性和不拒动可靠性的措施常常是矛盾的,在选用和设计继电保护装置时,需要依据保护对象的具体情况,对这两方面的性能要求适当地予以协调。例如,对于传送大功率的输电线路保护,一般宜于强调不误动的可靠性;而对于其他线路保护,往往宜于强调不拒动的可靠性。至于大型发电机组的继电保护,无论它的拒动作或误动作跳闸,都会引起巨大的经济损失,需要通过精心设置和装置配置兼顾这两方面的要求。

以上四个基本要求是分析研究继电保护性能的基础,在它们之间,既有矛盾的一面,又有在一定条件下统一的一面。继电保护的科学研究、设计、制造和运行的绝大部分工作也是围绕如何处理好这四个基本要求之间的辩证统一关系而进行的,在学习这门课程时应注意学习和运用这样的思考和分析方法。

除了上述四个基本要求以外,选用保护装置时还应该考虑经济性。在保证电力系统安全运行的前提下,尽可能采用投资少、维护费用低的保护装置。

1.3 电力系统自动控制的内容及控制方式

随着电力系统规模和容量的不断扩大,现代大型电力系统逐步形成,系统的网络结构和运行方式更加复杂多变,对运行水平的要求也越来越高。为了适应现代电力系统的特点,保证电网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如下:

(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、经济和安全的多目标最优运行方式。

(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,特别是在发生事故情况下,能避免连锁性的事故发生和大面积停电。

1.3.1 电力系统自动控制的主要内容

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,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如下几个不同内容的系统。

1. 电力系统自动监视与控制系统(或称电力系统调度自动控制系统)

该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,提高电力系统的安全、经济运行水平。电力系统中各发电厂、变电所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所,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 1-3 示出了自动监视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机等热力设备,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。我国葛洲坝水电厂和三峡水电厂是可以实现全自动的,自动化控制水平较高。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,我国自主设计建造的秦山核电厂(300MW 压水堆机组)已于 1997 年底并网发电,以后相继建成的核电站有大亚湾核电厂(2 台 944MW 压水堆机组),秦山第二、第三核电厂(分别为 2 台 600MW 机组),核电的自动控制系统将更加先进、可靠。

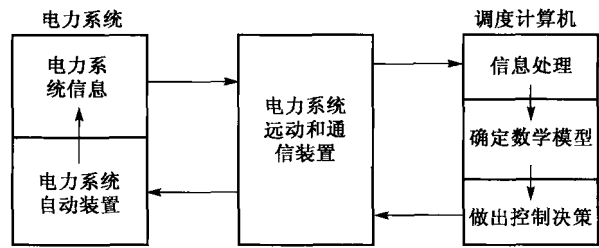


图 1-3 自动监视与控制系统工作模式图

3. 变电站自动控制系统

变电站的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无人值守变电站设计改造工作,将变电站综合自动化程度推向一个更高的阶段。

4. 电力系统自动装置

对发电厂、变电所设备运行的控制与操作自动装置,是直接为电力系统安全性、经济性和电能质量服务的基础自动化设备。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。按运行计划发电机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、自动按频率减负荷、备用电源自动投入等装置。

同步发电机的自动并列是较为频繁且重要的操作,无论系统正常运行还是发生事故,常常需要将备用发电机组投入电网,恢复系统的安全供电。自动并列操作装置不仅保证同步发电机并列操作的正确性和操作的安全性,同时也加快了发电机并列的过程。

电力系统区域互联或机组并联运行可取得较好的经济效益,供电安全可靠。但是当系统失去稳定后必须采取措施将电网分开,避免事故在全系统扩大。自动解列装置可根据系统的情况选择合适的解列点,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。

自动按频率减负荷装置是一种典型的反事故自动装置,可防止电力系统因事故发生功率缺额时频率的过度降低,及时切除合适的负荷来保证电力系统的稳定运行。低频减负荷装置装设在部分变电站,但它的整定值则要经过全系统的协调确定。

备用电源自动投入装置是一种在电力系统正常和恢复状态下的开关操作,当工作电源断开后能迅速将备用电源投入工作,保证供电连续性,维持电力系统稳定不被破坏和提高供电可靠性。特别是随着大容量发电机组的投入,厂用电切换则是整个厂用电系统的一个重要环节。

厂用电快速切换装置通过实时检测厂用母线残压和备用厂用母线电压之间的频差和相角差，切换时将冲击电流和冲击电压控制在安全值内，保证厂用电的安全可靠运行。

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 1-4 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。图 1-4 中所示的 P - f 控制器和 Q - U 控制器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，是实时闭环调节系统。同步发电机自动励磁调节系统反映发电机端电压、电流和其他状态量，并通过调节策略或规律改变发电机励磁电流，起到稳定系统电压水平、提高电力系统稳定性以及加快故障切除后电压恢复过程的作用。自动调频装置反映发动机的转速变化和其他状态量，并通过调节策略或规律改变发动机的出力，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化，同时合理分配有功功率，提高系统运行的经济性。

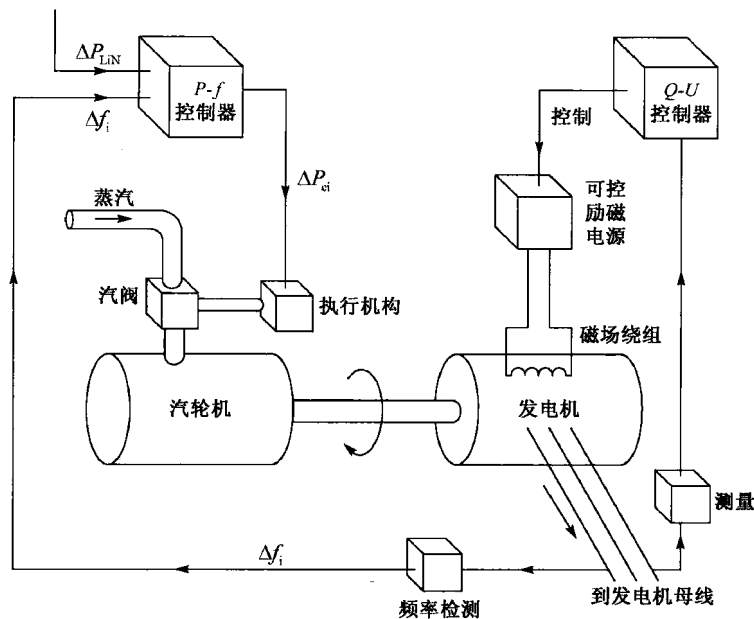


图 1-4 自动调节(控制)装置控制示意图

1.3.2 电力系统的分层控制方式

对于任何一个控制系统，可以根据控制的复杂程度和控制目标，把控制动作从物理结构上或从功能上进行分层，使形成的各子控制系统的控制(或操作)从整个控制系统来看达到最恰当的控制效果。电力系统自动控制是结合了电力系统的运行特点，按照复杂系统控制的一般规律分层实现的。电力系统的自动控制系统的分层可按以下三种方式进行。

1. 按照控制水平划分

根据电力系统控制的复杂程度(控制水平)，将自动控制系统划分为直接控制、最佳控制、自适应控制等。图 1-5 所示的是按照控制水平划分的分层控制示意图。

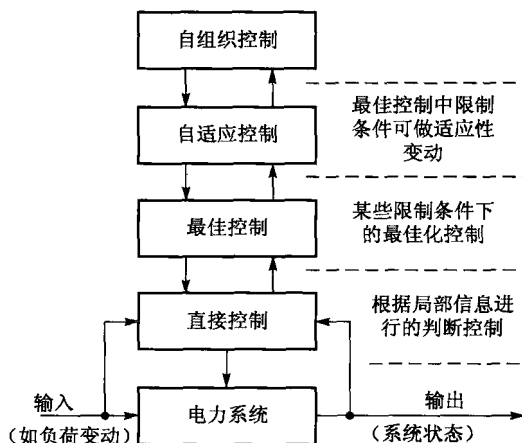


图 1-5 按控制水平划分系统

2. 按照模型化方法的不同划分

当同一控制对象从不同的角度模型化时,可以对应于各模型划分子系统。如图 1-6 所示,根据电力系统的控制模式,将系统划分为紧急控制、恢复控制及预防控制。

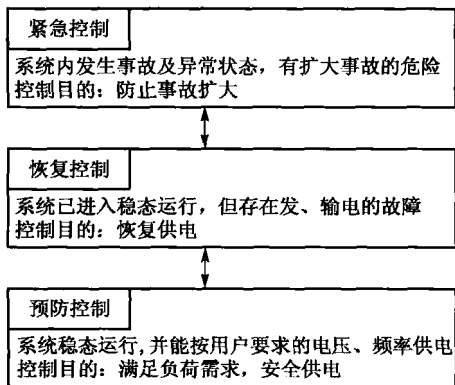


图 1-6 按模型化方法的不同划分系统

3. 按照组织分层划分

以计算机为主体的电力系统自动控制系统,如果把全系统中所有发电厂和变电所的信息全部采集到中央调度所进行处理,然后再把处理后的信息回送到各发电厂和变电所中,将会出现信息量庞大、通道拥挤、对计算机的容量要求增大、响应速度变慢、运行复杂等问题。因此,可以采用分层控制,按照组织划分的层次,即设立中心调度所、地区调度所、发电厂与变电所控制中心等分层控制中心,如图 1-7 所示。分层控制后,凡涉及全系统的综合信息,都由中心调度所收集和控制处理。其余局部地区的信息,由各级地区调度所及厂所控制中心处理,这样可以就近获得信息并进行控制,避免大量信息来回传送,减轻上层控制的负担,提高信息处理的实时性。

电力系统继电保护和自动控制技术是随着电力系统的发展而不断发展的;同时,随着电子技术、通信技术、计算机技术、控制技术和信息技术等新理论新技术的发展,保护装置和自动装置的元件也不断更新,从机电型到静态型,再到微型型。目前微型型保护和自动装置在我国得到了大量应用,已形成集保护、测量、控制、运行调度及事故处理为一体的综合自动化系统。