

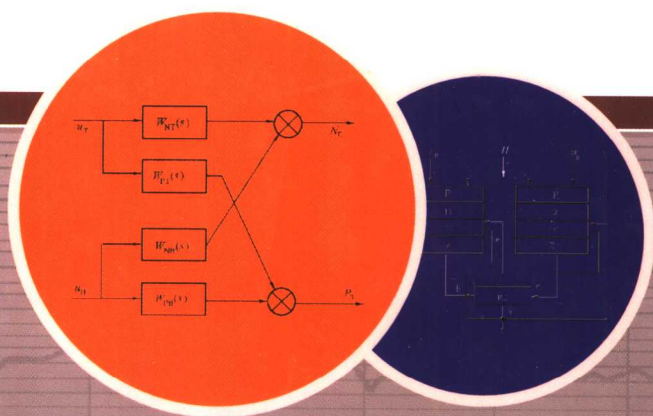
DIANLIKONGZHILILUN

电力控制理论

及其应用

YINGYONG

李遵基 著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

L 368

电力控制理论 及其应用

李遵基 著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



本书是一本理论与实践相结合的著作,重点讨论了热工生产过程中具有严重耦合、大时延及惯性系统的自动控制。在理论方面,本书不仅涉及到经典的PID控制,而且还涉及到预报控制、自适应控制、模糊控制和状态空间控制等现代新兴的控制理论。在实践方面,本书对协调控制、给水全程控制、主汽温控制、球磨机制粉控制、变频调速系统等做了充分的讨论。

全书分六篇,分别为协调控制篇、全程控制篇、模糊控制篇、变频控制篇、自整定预测控制篇和其他控制篇。

本书作为高等院校、科研院所、设计院、发电厂等单位从事于生产过程自动控制系统研究、设计、运行、改造的科技人员学习电力工业生产过程自动化领域的新理论、新方法、新策略和新技术的专著,对电力高等院校相关专业师生也是一本有价值的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电力控制理论及其应用/李遵基著. - 北京:中国电力出版社, 2003

ISBN 7-5083-1468-9

I. 电… II. 李… III. 电力系统-自动控制 IV. TM761

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 030739 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>)
北京市铁成印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2003年7月第一版 2003年7月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 19.25印张 470千字
印数 0001—3000册 定价 35.00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)

序 言

《电力控制理论及其应用》出版了，一位大学教授把自己十多年来的科研成果加以总结写成著作，予以出版，这件事本身充分说明，科技工作者不仅有能力写出高水平的论文，而且也有能力把知识推向社会，向社会传播，尽快地转化成生产力，为社会主义的物质文明建设作出贡献，我为此而感到高兴和欣慰。

本书主要反映了李遵基教授的一些主要科技成果，但实际上也是集体智慧的结晶，是李遵基教授课题组成员、他辅导的几十名研究生以及其他合作者的艰苦工作和辛勤劳动的成果。其中许多内容都是从科研成果中总结提炼出来的，是实践的理性化，而任何一个科技成果都不可能由一个人完成。因此，在这个角度上看，本书是一部集体的创作。

《电力控制理论及其应用》分协调控制篇、全程控制篇、模糊控制篇、变频控制篇、自整定预测控制篇和其他控制篇等几篇。本书集中反映了电力工业生产过程自动化领域的新理论、新方法、新策略和新技术。

协调控制是发电机组中的一种新的控制方法，20世纪80年代中期随着计算机分散控制系统的发展而逐步完善起来。书中的内容，不仅在理论上有所突破，而且能在实践上得到应用和验证，特别是供热机组的协调控制的研究成果在世界自控联（IAC）年会上发表后受到了国外同行的重视，正因为如此，李遵基教授课题组研究的供热机组协调控制和数字式协调控制系统分别获得了1989年和1992年电力部科技进步二等奖，他们是受之无愧的。

全程控制是发电机组控制方式发展的必然趋势，目前在国内仅限于锅炉给水控制系统中的应用，而作者早在1988年就写出了“给水全程控制的理论与实践”论文，系统地总结了给水全程控制系统的特点、类型、结构和组成，并提出了设计方法，同时在国产200、300MW机组中进行了实践，取得了成功，对全程控制理论和技术的发展起到了推动和促进作用。

变频控制是节能效益十分显著的新技术，李遵基教授为国内首次在国产机组的锅炉给粉中应用变频控制取得成功的人，其成果还通过了电力部科技司组织的专家鉴定，目前已在各类机组中得到广泛应用。这标志着我国锅炉给粉控制中控制手段的新转折，它解决了滑差控制中很多令人烦恼的问题。可以预料，在不久的将来，这项成果不仅在锅炉给粉中会得到更大规模的应用，而且还将在送引风机、给水泵等高压设备的控制中具有广阔的应用前景。

模糊控制是近年来崛起的新的控制策略，它对非线性、大时延、纯滞后等被控制对象有着十分有效的控制效果，作者在理论研究和计算机仿真的基础上，在电厂中储式球磨机的控制中进行了实践，不仅解决了球磨机三大系统无法投入自动运行的难题，而且使球磨机运行在最佳经济负荷下。应该说，这是一个很好的成果。

听过李遵基教授讲课的人，无不钦佩他丰实的词汇，生动的语言和循循善诱的教学方法，这与他的生活经历是分不开的。20世纪60年代后期他在电站建设的最基层劳动锻炼，后来又当过电气技术员，对现场的情况从拧一个个螺丝到整个系统调试都有着亲身的体会，20世纪70年代末期，他到高校从事教学和科研工作。因此，在他的文章中充分体现了他重视实践、重视应用的风格。他的论文写得深入浅出、有血有肉，这是时势造就的结果。

本书也还存在着不足之处，我衷心希望读者同行相互探讨，共同提高，殷切地期望着有更多更好的专著出现！

王平译

2001.11.7

前言

改革开放以来，我国电力工业发展迅速，取得了巨大的成就，有力地支持了国民经济的快速发展，截止到 2000 年底，全国发电总装机容量达到了 31932 万 kW，其中火电机组 23754 万 kW，占 74.4%。由此可见，在我国的电源结构中主要以火力发电为主。众所周知，火电厂的主辅机系统庞大而复杂，随着以大容量、高参数为特点的发电技术的进步，火电机组正朝着大容量超临界方向发展，要实现电力系统的安全稳定运行，必须不断增加发电厂的自动控制功能和提高其自动控制水平。

随着电力工业的发展，原来的一体化垄断经营体制越来越不符合市场经济发展的要求。为了实现资源的优化配置，引入电力市场机制已成为我国电力体制改革的一项重要内容。2002 年 12 月 29 日，原国家电力公司正式拆分为 11 家新成立的电力企业，标志着中国的电力工业由此进入了一个崭新的发展时期。电力体制改革的主要内容是在发电环节引入竞争机制，实现“厂网分开，竞价上网”。在这种竞争体制下，发电厂作为一个独立的经营实体，如何实现节能降耗，减低发电成本，实现经济效益和社会效益的双重丰收，也将成为新发展时期电力企业要面对的首当其冲的问题。实现这一目的的有效手段就是不断提高发电厂的自动控制水平，也就是说，提高发电厂的自动化生产水平不仅具有技术进步的意义，而且能带来巨大的直接经济效益和社会效益。

目前我国众多火力发电厂的自动化水平较以前有了很大的进步，但是与国外同行相比，尚有较大的差距，大力推广自动化生产技术在火力发电厂中的应用已成为促进我国社会经济发展的一项重要措施。正是基于上述考虑，特编写此书，将作者几十年来在电力生产自动化领域所做的工作收集整理起来，以便为读者了解、学习和研究自动控制在火电厂中的应用提供一本比较适用的参考书籍。本书从推广自动控制在火力发电厂生产领域中的应用观点出发，集中反映了发电生产自动化领域的新理论、新方法、新策略和新技术。

全书分为六篇。第一篇为协调控制篇。随着发电机组的大容量、高参数化，尤其是参加电网负荷统一调度的机组，协调控制已成为必不可少的控制系统。它是同自动发电控制技术（AGC）紧密结合的。采用这种控制技术的单元机组在处理满足负荷要求并同时维持机组主要运行参数稳定这两个问题时，充分考虑机炉的差异，采取某些措施和手段，向锅炉和汽机提供负荷指令信号，锅炉根

据此信号调节燃料量、风量等被控量。汽机接受此信号通过调节汽机调速汽门，让机炉同时接受外部的指令适应电网的要求，并根据主要运行参数的偏差，协调地进行控制，从而在满足电网负荷要求的同时，保持主要运行参数的稳定。本篇在对机组协调控制进行理论分析基础上，进一步通过实际控制装置进行了实践验证，其中供热机组协调控制和数字式协调控制分别获得了 1989 年和 1992 年原电力部科技进步二等奖。

第二篇为全程控制篇。全程控制系统通常要求整个过程中保持被控参数为某一确定值或按照某一规律而变化，火电厂生产过程的工艺设备庞大，存在大迟延、非线性和工况复杂等特点，全程控制是发电机组控制方式发展的必然趋势，目前在国内应用还不甚广泛。本篇主要针对锅炉给水过程的全程自动控制进行了较详细的分析和设计，系统地总结了给水全程控制系统的特点、结构和组成，并在国产 200MW、300MW 机组中进行了有效的推广应用，取得了显著的成效。

第三篇为模糊控制篇。这种控制方法以专家经验作为推理的指导，进一步模拟人脑反应于取得的信号，迅速处理后，输出执行信号。这个过程具有规则简单、速度快、编制计算软件和制作硬件都较简单的特点。因此，是智能控制的一种有效的方法。目前模糊控制技术在别的领域中已有较多的应用，但是在火电厂自动控制中尚处于起步阶段。随着电力工业的发展，对火电厂自动控制系统的控制精度、响应速度、系统稳定性与适应能力的要求越来越高，同时由于火电厂中主辅机设备繁多，很多被控对象都具有强耦合、非线性、大迟延、大惯性的特点，较多的随机干扰、过程机理错综复杂以及现场测量技术的不完善等，使得被控对象很难用精确的数学模型来表达，因此传统的 PID 控制方法难以达到预期的目的。此时，采用模糊控制方法能取得较好的效果。文中在理论研究和计算机仿真的基础上，在电厂球磨机和锅炉主汽温控制中进行了工程设计和实践，取得了很好的效果。特别是在球磨机模糊控制中不仅大大提高了自动投入率，而且取得了明显的节能效果。这项技术已得到国家专利。

第四篇为变频控制篇。变频控制技术是随着电力电子技术的发展而不断发展起来的，其最重要的特点是节能。此外，克服热工对象的惯性和迟延，改善对象特性，提高自动系统的投入率也有极为重要的意义。众所周知，火电厂的厂用电率较高，因此加强火电厂本身的节能工作，降低厂用电率对于降低发电成本，提高电厂经济效益具有极其重要的现实意义。这种技术主要可分为低压和高压两种，在火电厂中的应用领域包括给粉、给煤机、燃油系统、送风机和引风机以及给水泵、疏水泵和凝结泵等设备。目前国内火电厂中，低压变频控制应用已经较为广泛，但是高压变频控制尚未得到大力推广。因此，这种新技

术尤其是高压变频调速控制技术对于提高电厂竞争力具有重要意义,在火电厂中具有广阔的发展前景。本篇对两种电压构成的变频控制在火电厂热工自动控制系统中的应用都有深入细致的分析。

第五篇为自整定预测控制篇。多年来,电力生产控制中的调节器参数,都是利用特性曲线辨认的人工方法整定的,按照这种方法整定的参数,往往都因为考虑到系统的稳定性和安全性,把参数置于留有较多余地的保守状态,使生产过程的经济性难以得到最优状态。特别是生产过程的非线性要求调节器在不同工况下有不同的参数,以保证系统始终运行于最佳品质,这对普通调节器来说是无能为力的。而自整定调节器能在负荷变化、定值扰动、对象特性参数变化等情况下自动改变整定参数,保证系统品质最佳。由于实际过程中燃料、运行工况等的变化,热工对象的模型很难精确得到,即使得到了也往往是时变、非线性的。预测控制具有对过程模型要求低、实现方便、鲁棒性强等独特的优点。文中不仅从理论上详细分析了自整定调节器和各种自校正控制方法,而且结合锅炉主汽温自动控制系统进行了仿真和实践,获得了满意的效果。

第六篇为其他控制篇。在这部分中,主要也是针对火电厂热工自动控制系统中的各种常见问题,如机组热应力监控、再热汽温自动控制系统和电除尘控制系统等进行了理论和工程上的分析和实现。

最后,我要对本书出版给予大力帮助和支持的中国电力出版社和参与本书工作成果的老师、研究生、本科生表示衷心的感谢。

本书出版得到了北京中能长城控制公司李东总经理的资助。

除了书末所列参考文献外,本书在编写的过程中还参阅了我国电力行业工程技术人员总结和撰写的文献以及国内外一些公司的非正式出版资料。恕难一一详列,在此谨向有关专家和单位致谢。



2003年5月于北京

目 录

序言

前言

第一篇 协调控制	1
一、对协调控制系统中几种锅炉主控前馈信号的分析	3
二、200MW 供热单元机组协调控制系统	7
三、单元机组数字式协调控制系统	14
四、数字式协调控制理论与实践	19
五、用“SPEC Micro”实现 200MW 机组协调控制	26
六、苏制 210MW 机组协调控制系统分析	32
七、DCS 在黄岛电厂控制系统改造中的成功应用	39
第二篇 全程控制	43
一、给水全程控制理论与实践	45
二、用 SPEC200 仪表实现给水全程控制	54
三、500MW 机组给水全程控制系统	59
四、CLC 单回路调节器在给水全程控制中的应用	66
五、TCS6382 双回路智能控制器在锅炉给水全程控制中的应用	68
六、125MW 机组给水全程控制系统	73
第三篇 模糊控制	77
一、中间储仓式制粉系统球磨机模糊控制理论与实践	79
二、中储式球磨机制粉系统模糊控制算法研究	86
三、模糊控制理论在球磨机制粉系统中的应用	90
四、球磨机模糊控制在分散控制系统中的应用	101
五、一种新型模糊控制系统及其仿真研究	106
六、一种自学习模糊控制器	112
七、参数自整定多变量模糊解耦控制器	119
八、一种基于神经元的解耦控制算法	126
九、基于模糊逻辑的自整定方法及其应用研究	131
十、国产 200 MW 机组制粉系统磨机自动控制研究	137
十一、一种智能型球磨机载煤量测试系统的研究	142

第四篇 变频控制

147

一、变频调速在电厂锅炉给粉控制中的应用	149
二、采用 1305 型变频器实现锅炉给粉变频控制	153
三、1305 型变频器在锅炉给粉系统中的应用	156
四、火电厂燃料重调机变频控制	161
五、中压变频器在火电厂送风机控制中的应用	164
六、中压变频技术在火电厂中的应用与研究	168
七、高压变频调速控制节能原理分析	172
八、直接能量平衡式主汽压力控制系统	177
九、能量平衡式母管压力控制系统	181
十、直吹式锅炉主汽压力调节系统研究及应用	185

第五篇 自整定预测控制

191

一、自整定调节器的应用研究	193
二、SPEC 200 Micro 自整定功能的应用	198
三、基于参数自整定的再热汽温解耦预测控制	203
四、热工对象时变系统的自校正预报	209
五、一种多步自校正预报方法	213
六、自适应 Smith 预估控制器的研究与应用	217
七、主汽温自适应预估控制方法的研究	221
八、用微机整定串级系统调节器的参数	224
九、状态观测器主汽温控制系统的设计与应用	231
十、大滞后系统控制算法在再热汽温系统中的应用	235

第六篇 其他控制

241

一、热工控制系统中的跟踪技术	243
二、苏制脉冲调节器特性分析及系统应用	248
三、电厂系统逻辑图键盘编辑系统设计与实现	252
四、一种碎煤机实时监控装置研究	256
五、500MW 机组主蒸汽温度的新型控制方法	259
六、500MW 机组热应力监控系统分析	263
七、配电网三相潮流的显式计算法	270
八、ELIN 公司电除尘控制系统分析与研究	279
九、电除尘器在线监控系统	283
十、水力除渣系统水质监测及其改进	287
附录	291
后记	293
参考文献	295

协 调 控 制

第一篇



对协调控制系统中几种锅炉主控前馈信号的分析

1. 问题的提出

目前,大多数单元机组控制系统的结构是以炉跟机方式为基础的。为了使机炉更好地协调动作,以提高负荷适应性和减少节流压力动态偏差,在锅炉主控系统中加入了前馈信号,该信号的形式主要有3种:

(1) 在协调控制系统出现初期,锅炉主控前馈信号为汽机第一级压力 P_1 (见图 1-1)。

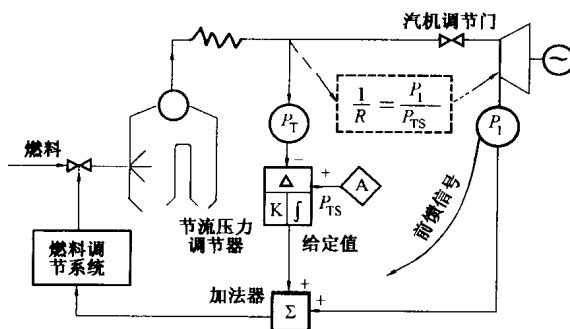


图 1-1 只用 P_1 为前馈信号的锅炉主控原理图

(2) 目前我国技术引进的 300MW 及 600MW 单元机组上采用的锅炉主控前馈信号,为美国 FOXBORO 公司推出的 $P_1 [1 + K (P_{TS} - P_T)]$, 还附加了 $f(t)$ 及 $f(x)$ 两个环节 (见图 1-2)。其中, P_1 为汽机第一级压力,可代表进入汽机的蒸汽流量; P_T 为节流压力; P_{TS} 为节

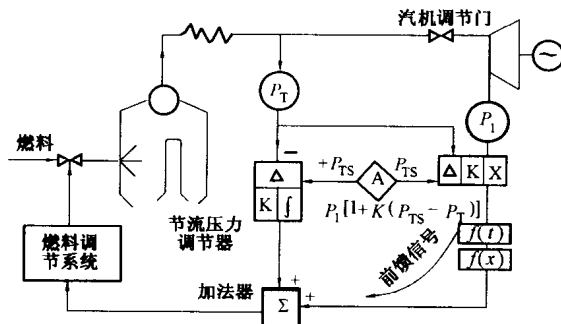


图 1-2 应用 $P_1 [1 + K (P_{TS} - P_T)]$ 等为前馈信号的锅炉主控原理图

流压力定值； K 为系数。

(3) 目前国内外应用较多的、美国 L&N 公司推出的锅炉主控前馈信号为 $P_1 P_{TS}/P_T$ 。现对上述 3 种系统作以下分析比较。

2. 以 P_1 作为锅炉主控前馈信号

因为 P_1 代表进入汽机的主蒸汽流量，故它与汽机输入能量和机组负荷都成正比。同时，当汽机调节门开度变化时，即从汽机侧改变机组负荷时， P_1 对汽机调节门开度变化的反应极快。此外，以 P_1 作为锅炉主控的前馈信号，可以较直接地去增减锅炉输入能量。因此，在以炉跟机为基础的协调控制系统中， P_1 作为机炉能量平衡的主要联络信号，具有直接和及时的特点。用 P_1 作为前馈信号，对提高机组负荷跟踪的快速性和减少节流压力动态偏差，都有较好的作用。

但是，当用 P_1 作为前馈信号后，就使系统又增加了一个正反馈回路。该正反馈回路表现在图 1-1 外圈实线各环节形成的回路中。假如 P_T 由于某种原因增大了，就会使进入汽机的蒸汽流量增加，也使 P_1 增大；而 P_1 信号的增大则会通过前馈信号部分，使进入锅炉的燃料量增加，其结果又使 P_T 增大。总之，当 P_T 增大后，经上述闭路的传递又使 P_T 增大的过程，就是正反馈作用的体现。

在单元机组中，若用阻力系数 R 来代表汽机第一级压力 P_1 与节流压力 P_T 之间的关系，则图 1-1 所示系统中 P_T (压力) 对 P_1 (流量) 的传递系数为 $1/R$ ，其数值等于当时机组的蒸汽流量与节流压力调节器所保持的节流压力值 (即定值 P_{TS}) 之商。

从机组实际运行工况中不难看出， R 值是随机组负荷变化而变化的。在机组负荷为零 (即 $P_1 \approx 0$) 时，汽机调节门接近全关， $R \rightarrow \infty$ ；而在机组负荷达到最大 (即 $P_1 = P_{1\max}$) 时，汽机调节门开到较大位置， $R = R_{\min}$ (见图 1-3)。

上述正反馈作用，相当于等值地增加了一个虚线所示的环节 (见图 1-1)，它是一个与 PI 调节器相并联的环节。为了看得更清楚，将图 1-1 中各信号作用的关系用等效框图 (见图 1-4) 来表示。

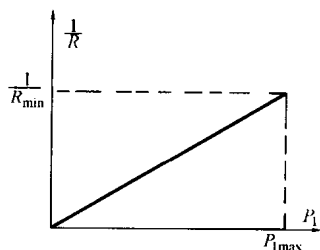


图 1-3 $1/R$ 与机组负荷的关系

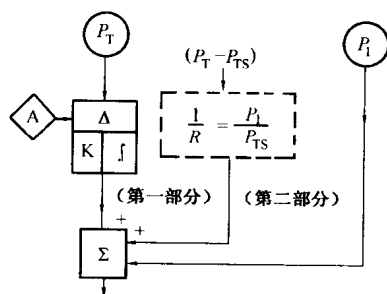


图 1-4 图 1-1 系统中各信号作用等效框图

图 1-4 表明， P_1 的作用可分解为两部分：单纯的 P_1 作用和由它所引起的正反馈作用。其中，正反馈作用的输入信号为 $(P_T - P_{TS})$ ，这是因为只有在节流压力 P_T 值偏离于定值 P_{TS} 时，才会出现这种正反馈作用。图 1-4 中虚线所示的、由于正反馈作用产生的附加部分，

等值于使原来的 PI 调节器又增加了一个并联的比例环节, 而且由于 $1/R$ 值是随机组负荷变化而变化的, 故在不同负荷情况下, 原来的调节器必须有不同的最佳整定参数, 才能使机组控制系统调节品质最佳。这就给该 PI 调节器的参数整定带来困难, 涉及到应用变整定参数调节器的问题。因此, 只用 P_1 作为前馈信号时, 会给协调控制系统带来不良的影响。

3. $P_1 [1 + K (P_{TS} - P_T)]$ 等作为锅炉主控前馈信号

从图 1-2 可以看到, $P_1 [1 + K (P_{TS} - P_T)]$ 信号可分为 P_1 和 $K P_1 (P_{TS} - P_T)$ 两个部分, 而 P_1 信号部分又等值于 P_1 的作用和 P_1 引起的正反馈作用两个部分 (见图 1-4)。这样, 该前馈信号可看成由 3 部分组成, 如图 1-5 所示 (特殊点为 $K = 1/P_{TS}$)。

由图 1-5 可见, 前馈信号的第一部分是正反馈作用部分, 需要强调指出, 这部分起作用的信号是 $(P_T - P_{TS})$, 而该信号的作用方向, 由于当 P_T 大于 P_{TS} 时会使锅炉指令增大, 故在图 1-5 加法器处该信号作用方向应为正。第二部分是单纯的 P_1 作用部分。第三部分为 $K = 1/P_{TS}$ 时的 $[P_1 K (P_{TS} - P_T)]$ 项。从图 1-5 中不难看出前馈信号中的第一和第三部分是相互抵消的, 即当 $K = 1/P_{TS}$ 时, $[P_1 K (P_{TS} - P_T)]$ 项是能完全抵消正反馈作用的。

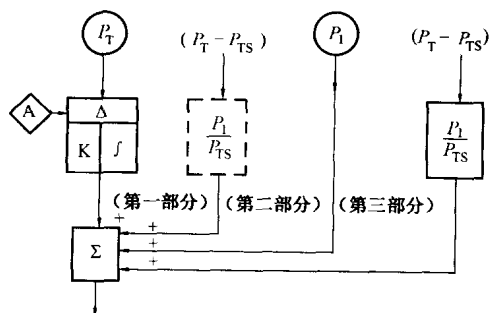


图 1-5 图 1-2 系统中 $K = 1/P_{TS}$ 时的信号作用等效框图

当 $K > 1/P_{TS}$ 时, $[P_1 K (P_{TS} - P_T)]$ 项中 $K > 1/P_{TS}$ 的部分有何作用呢? 从机炉能量供求关系看, $P_T > P_{TS}$ 是由于锅炉供出能量大于汽机需求能量, 从而导致锅炉蓄热量增加的结果。因此当 $P_T > P_{TS}$ 时, 应适当减少锅炉的燃料量和风量, 以促使机炉能量达到新的平衡。同理, 当 $P_T < P_{TS}$ 时, 则应适当增加锅炉燃料量和风量。 $[P_1 K (P_{TS} - P_T)]$ 项中 $K > 1/P_{TS}$ 的部分, 就是为加强动态能量平衡的作用而设置的 (静态能量平衡关系由节流压力调节器最后完成)。

图 1-2 中函数发生器 $f(x)$ 的作用, 是将前馈信号转化成为数值上与燃料、风量标度相匹配的信号。超前滞后环节 $f(t)$ 的传递函数为

$$W(s) = \frac{KT_1 s + 1}{T_2 s + 1}$$

经简单变换后, 得

$$W(s) = \frac{(KT_1/T_2) T_2 s}{T_2 s + 1} + \frac{1}{T_2 s + 1}$$

$f(t)$ 环节的输入输出关系如图 1-6 所示。

由图 1-6 所见, $f(t)$ 由一个放大倍数为 KT_1/T_2 、时间常数为 T_2 的实际微分环节与惯性环节 $1/(T_2 s + 1)$ 相加组成。微分环节在汽机负荷变化的初始阶段起作用, 它通过前馈信号多给予锅炉一

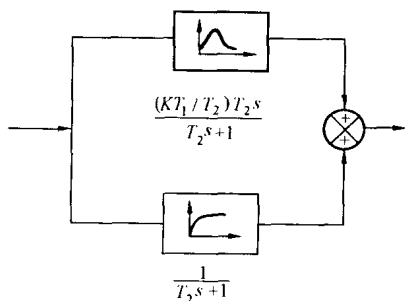


图 1-6 $f(t)$ 环节等效框图

定的能量,以加速锅炉能量输出。惯性环节则有使 $f(t)$ 输出曲线峰值前后移动的功能,通过适当调整 $f(t)$ 的各个参数,可以使前馈信号有较合适的动态性能。

4. 以 $P_1 P_{TS}/P_T$ 作为锅炉主控前馈信号

在节流压力 P_T 瞬变过程中,由于此时汽机阻力系数 $R = P_T/P_1$,故前馈信号为

$$\frac{P_1 P_{TS}}{P_T} = \frac{1}{R} P_{TS}$$

式中节流压力定值 P_{TS} 是有单位的常数,它使 $P_1 P_{TS}/P_T$ 的单位与 P_1 的单位相同。由上式可见,在节流压力瞬变过程中,前馈信号 $P_1 P_{TS}/P_T$ 起着汽机阻力系数倒数的作用。由于汽机阻力系数本身只与汽机调节门开度和汽机通流部分的结构特性有关,故它不受 P_T 变化的影响,也即无正反馈作用,不会出现只用 P_1 作为前馈信号时产生的不良影响。

节流压力 P_T 处于静态时, $P_T = P_{TS}$,且两者单位相同,故可抵消。因此,在静态时,前馈信号为

$$\frac{P_1 P_{TS}}{P_T} = P_1$$

5. 3种信号的比较

(1) 只用 P_1 作为锅炉主控前馈信号时,会出现正反馈问题,给节流压力调节器的最佳整定参数的选择带来困难。为此,FOXBORO 公司采取了直接补偿正反馈作用的办法,L&N 公司则采用了只与汽机阻力系数有关的锅炉主控前馈信号的办法。

(2) 在节流压力 P_T 瞬变过程结束后,3种前馈信号都是 P_1 ,这是它们的共同点。这也从另一个角度说明了 P_1 是公认的性能较好的锅炉主控前馈信号。此外,后两种前馈信号都是由3个信号输入和一个综合组件形成,其繁简程度类似。

(3) FOXBORO 公司采用的 $f(x)$ 环节,在其他形式的锅炉主控前馈信号中,也可附加应用。



200MW 供热单元机组协调控制系统

1. 控制对象及控制装置概况

这里介绍的协调控制系统是为北京石景山热电厂供热单元机组研制设计的,所用燃煤锅炉为哈尔滨锅炉厂产品,型号是 HG670/140。供热汽机为哈尔滨汽轮机厂产品,型号是 d45N200-130/535/535/2F710,供热抽汽压力为 0.25MPa。

控制系统中所采用的液压控制设备,由哈尔滨汽轮机厂供给。SPEC200 型电气控制设备由中美合营的 FOXBORO 公司供给。辅助支持控制系统中,无喷燃器自动切换及汽机调节阀自动切换功能。

图 1-7 表示了供热机组协调控制系统总体结构原理图,从图中可以看出它包括三部分:锅炉控制部分、汽机控制部分和电负荷管理控制系统部分。前两部分是协调控制系统的基本部分,第三部分又可分为控制方式切换逻辑系统和实际负荷指令形成两部分。协调控制系统的许多功能是由第三部分实现的。

2. 单元机组对协调控制系统的功能要求

2.1 机组在纯供电负荷工况下对协调控制系统的功能要求

- (1) 电负荷适应性好。
- (2) 节流压力变化幅度小。
- (3) 变化机组负荷可在控制室进行,也可按电网调度指令(ADS)调动。
- (4) 应有机组不超越最大最小安全负荷范围的安全保护措施。
- (5) 根据机组运行的不同要求,能进行“控制方式”的切换,切换过程应是无平衡、无扰动的。

(6) 机组局部故障时应有自动增、降或保持机组负荷措施,以避免因局部故障而引起机组全停等重大事故。

- (7) 有必要的显示仪表,指导运行人员监视机组及自动装置运行。

2.2 机组在供热供电工况下对协调控制系统的功能要求

除满足上述纯供电负荷时的功能要求外,还必须满足以下特殊要求:

- (1) 应满足保持供热参数的要求。这里要保持在供热抽气压力 P_Q 为规定值。
- (2) 当供热负荷需要变化时,协调控制系统应使供电负荷参数不受干扰。
- (3) 当供电负荷变化时,协调控制系统应使供热参数不受干扰。