

内 容 提 要

发电机励磁直接影响发电厂和电网的安全稳定与经济运行,励磁调节装置是发电厂中极为重要的关键设备。

全书分三篇共十七章,附有原理图及线路图 540 余幅。第一篇主要阐述励磁系统及调节装置的基本理论;第二篇详尽地介绍了省内几座电厂中所采用的各种主要机型;第三篇重点介绍省外大型电厂所选用的几种典型机型。

本书可供从事电气励磁专业科研、设计、制造、施工、调试及生产运行工作的工程技术人员使用,也可作为大专院校师生们的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

发电厂励磁调节/丁尔谋主编.-北京:中国电力出版社,1997

ISBN 7-80125-503-8

I. 发… II. 丁… III. 发电厂-励磁系统-调节
IV. TM62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 19166 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)
三河市实验小学印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

1998 年 4 月第一版 1998 年 4 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 40.25 印张 902 千字
印数 0001—1610 册 定价 90.00 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)

怀着悠之爱国之
情奉之报国之心
写书编书

史大楨
五九年十月

促進中國電力
事業的更大發
展

張紹賢

一九五九年十月

博采众长， 集思广益。
取长补短， 消化吸收。
面向应用， 立足创新。

为《发电厂励磁调节》一书题

115 425
— 96.9.12.

编委会人员名单

名誉主编 卞学海
 主 编 丁尔谋
 副主编 李振生 孔志俊 刘润来 郭连邦 宋宏亮
 常务编委 徐 奇 周熙彬 高培润 王永珠
 编 委 (以下按姓氏笔画排列)

王清文	王照民	白玉龙	刘国耀	李学泰
李学德	李秉武	杨 志	杨永德	杨金柱
杨拴聚	吴景信	陈 望	陈懋龙	张玉洪
张建国	范荣森	罗国祥	周 新	钟雄明
顾秀贞	徐剑雄	黄咸湖	程纪奎	谢克明
楼文超	樊鹤鸣			

作者名单	何永华	太原电力高等专科学校	第一、二、三、 四、十七章
	梁庆红	山西省电力试验研究所	第五章
	王永珠	山西省电建调试所	第六、七、八、 九、十六章
	丁晓白	山西省电建调试所	第六章
	丁如庆	山西省电力工业局	第八章
	吴祥中	广东省大亚湾核电站	第十章
	王 宾	广东省沙角发电总厂 C 厂	第十一章
	林诗庄	广东省沙角发电总厂 C 厂	第十一章
	顾新鏊	上海电建启动调试所	第十二章
	黄友民	上海电建启动调试所	第十三章
	郭其良	广东省电力试验研究所	第十四章
	朱松森	广东省电力学校	第十四章

何庆忠 河北省华能上安电厂 第十五章

周根栓 河北省华能上安电厂 第十五章

审稿人名单 方蒿明 张仁伟 苏为民 常林

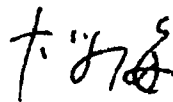
序

山西省是全国的能源基地。随着经济和社会的发展，山西省已由单纯的煤炭输出，逐步发展增加了电力、电量的输出，党的十四大以来，省委、省政府已明确提出输煤与输电并重的发展战略。继 80 年代和 90 年代前期大同第二发电厂、神头第二发电厂等一批向外送电的新建、扩建电厂投产发电后，还将陆续新建阳城发电厂、王曲发电厂等大型坑口电站，向外输电。

为满足本省社会与经济发展的需要，近年来我省相继新建与扩建了神头第一发电厂、漳泽发电厂、太原第一热电厂、太原第二热电厂、阳泉第二发电厂等，采用了 300MW 与 200MW 的大中型发电机组，另外还有一些 100MW 及以下的小型机组。

由于电力电子工业的迅速发展，各发电机组的励磁调节方式各不相同，因此将它们的技术资料汇集起来编著成书，供有关工程技术人员参考，是很有意义的一件事。同时，为了反映我国新引进机组的各种励磁调节方式的概貌，本书中除介绍了本省已有的机型外，还介绍了省外从不同国家引进的若干具有典型意义的机型。

本书是我局继《发电厂空冷技术》和《发电厂低循环倍率塔式锅炉》之后编著的第三本书，即《发电厂当代科技丛书》之三，这是为贯彻党中央“科教兴国”方针而作的具体努力。为此，我热烈祝贺此书的出版，并真诚感谢为此做出贡献的专家、学者和广大工程技术人员。同时，对关心和支持本书编写与出版的有关领导和各兄弟单位深表谢意。



1996 年 12 月

前言

山西省是我国的能源重化工基地,煤炭资源极为丰富,是我国储量最多的省区之一。党的十一届三中全会以来,党中央、国务院对加速山西省的能源基地建设极为重视,要求在加快晋煤外运铁路、公路建设的同时,在山西省重点建设一批大型坑口电站,将煤炭就地转化为二次能源,变输煤为输电。这样,既可缓解运输紧张的矛盾,又可缓解首都北京及津、唐地区和东南部分能源缺乏省份的电力紧张局面。70年代末、80年代初,在国家计委、原水利电力部的重视关怀下,山西省先后在北部、中部和东南部地区开工兴建了几座大型坑口电站,并已相继建成投产,开始发挥出巨大的经济效益。根据当时的形势和要求,为加快电力建设步伐,在这几座大型坑口电站中,除安装国产设备外,先后从前苏联、前捷克斯洛伐克、匈牙利、波兰及罗马尼亚等东欧国家引进了一批发电设备。随着从国外引进的先进电力设备的增加,山西省电力局认为:不仅应建好、管好、用好这些设备使其长期安全稳定运行,而且应认真总结经验,消化、吸收国外的先进技术,并使其能在更广泛的范围内予以推广、借鉴,这是全省电力职工责无旁贷的使命,也是我们对祖国电力工业发展应作的必要贡献。一个硬件,一个软件,二者不但不能偏废,而且应当使之相辅相成,两件工作必须抓紧、抓好。为此,山西省电力局决定,并于1990年正式成立了《发电厂当代科技丛书》编委会,以便有领导、有组织、有计划、有步骤地开始进行这套科技丛书的编著工作。

在上级领导的关怀及各单位的大力支持下,丛书编委会首先组织省局系统内有关专家于1992年编著出版了该科技丛书计划的首本专著《发电厂空冷技术》一书。它的问世,不仅填补了我国电力科技书刊中的一项空白,在电力科学技术界引起了强烈的反响,而且对促进当前和今后我国“多煤缺水”地区电力工业发展起到了积极的作用,带来了良好的社会效益。尔后,丛书编委会在深入调查研究的基础上,经过充分酝酿又着手编著了丛书的第二本科技专著,即《发电厂低循环倍率塔式锅炉》,该书于1996年正式出版发行。《发电厂励磁调节》是该丛书的第三本科技专著,现在也已正式与读者见面。

发电机励磁直接影响电厂和电网的安全稳定与经济运行,励磁调节装置是发电厂中极为重要的关键设备。随着电力工业的发展,大机组、大电网的出现,励磁调节在电力系统中的重要性,愈来愈为人们所关注。针对这一命题,国内外众多专家、学者经过数十年的研究实践,取得了丰硕的成果,励磁调节装置较之以前已经有了明显的改进与提高,其功能日趋完善。在我省已经投入运行的国产设备和引进的前苏联及东欧等国家的励磁设备中,经分析研究,均各具特色,通过相互比较,取长补短,可以启迪提高,使其更加完备。认真总结这一方面的经验和问题,无疑对我省电力系统的现在和将来,都将大有裨益,有其现实和长远意义。近年来,在改革开放的方针指引下,我国其他省份又陆续从美国、日本及西欧各国引进了一批设备,为了更加完整地反映励磁调节的最新成果,根据电力工业部

领导的指示精神,本书又吸收了几个不同国家具有代表性的典型机型加以介绍,以期达到“洋为中用,为我所用,相互补充,共同提高”的目的。因此,本书是融理论与实践为一体、集国内和国外各类机型于一书的有关励磁调节的专著。应该说,本书无论是在国内已有的书刊中,还是在励磁调节这一领域,它都可称得上是一部比较完整的科技专著和工程应用书,具有较高的科研意义和实用价值。

全书分三篇共十七章,约90万字,另附原理图及线路图540余幅。第一篇主要阐述励磁系统及调节装置的基本理论;第二篇详尽地介绍了我省几座电厂中所采用的各种主要机型;第三篇重点介绍省外大型电厂所选用的几种典型机型。全书篇、章及机型排列顺序,基本上采用了从省内到省外,由大型到中型机组的编写原则。为了体现真正的实用价值,除了必要的文字叙述外,本书收集、整理了大量的图纸资料,这是很珍贵的。本书在编写过程中力求做到具有科学性、先进性和实用性。本书既可供从事电气励磁专业科研、设计、制造、施工、调试及生产运行工作的工程技术人员学习使用,也可作为大专院校师生们的教学参考书。

本书是在重点总结我省及省外若干种不同类型的励磁调节机型并且在已取得实践经验的基础上,由山西省电力局《发电厂当代科技丛书》编委会组织、邀请省内外曾参加该项工作的专家及工程技术人员共同编写而成的。参加编写的单位有:山西电力工业局、太原电力高等专科学校、山西电力试验研究所、山西电建调试所、广东大亚湾核电站、广东沙角发电C厂、上海电建启动调试所、广东电力试验研究所、广东电力学校、河北华能上安电厂等。

在本书的具体编写过程中,为了避免内容上出现重复或遗漏,我们首先召开了有全体编写人员共同参加的编写工作会议,严格制定纲目。为统一体例,我们还邀请了中国电力出版社的有关同志,经过深入讨论研究,商定了详尽的编制说明。初稿完成后,又由编委会常委王永珠、周熙彬、徐奇等三位专家,进行了分章预审,并对全书进行统稿。在本书的编写过程中,我们曾得到电力工业部、中国电力企业联合会、华北电力集团总公司主要领导的关怀和鼓励,也得到了电力工业部有关司局、山西省电力局科技协会的大力支持,山西电力局原大同第二发电厂工程指挥部、神头第二发电厂、漳泽发电厂等单位也都及时给予了很大的帮助;特别应当说明的是,省外各协作单位的领导对本书的编写非常重视和关心,在百忙中指派高级专家,紧密配合工作,及时撰写稿件,使我们的编写任务才能得以顺利圆满地完成。清华大学、华北电力大学、北京电力科学研究院等大专院校及有关科研、生产单位的很多教授、专家也曾对本书的编写提出了不少宝贵的意见,很多兄弟单位(局、厂、院校等)为本书的编写提供过大量的珍贵信息资料,对此,我们一并表示衷心的感谢!

参与编写此书的同志,怀着悠悠爱国之情,拳拳报国之心,谨以此书奉献给祖国和人民的社会主义事业,以期对我国电力工业的发展尽一份绵薄之力。但由于编写时间仓促、经验不足、水平有限,书中疏漏错误之处一定在所难免,恳请使用该书的单位和广大读者批评指正。

丁尔谋

1996年12月

编写说明

一、《发电厂励磁调节》一书，并非就励磁系统的所有组成部件统作介绍，而是只就核心部分，即励磁调节器和电力系统稳定器及其相关的电路，做出应有的充分阐述。

二、第一篇电力励磁的基本概念，是基本理论部分；第二篇省内机组励磁调节器应用实例，全是我省已有机型的实用典型，除国产设备外，还有俄罗斯、捷克、罗马尼亚所产的发电设备；第三篇是选用了当前我国其他省市所用的不同容量中有代表性的其他国家所产机型实例。可以说，后两篇所述概括了本世纪末我国所有大电厂各容量各类型的励磁装置。

三、由于体制不同、产权拥有者各异，在编写某些章节时，限于西方国家所产设备资料不尽完整，叙述只能简略一些，尚请读者谅解，但体现科学性、先进性、实用性的宗旨不变。

四、为便于读者选读其他国家各种类型的励磁设备，以及使用维修该设备时的方便，在介绍非国产设备的章节中，图例符号及文字符号仍沿用该国的符号，而在阐述国产设备时则采用我国国家标准或行业标准，请读者阅读时充分注意。

目 录

题词	
编委会人员名单	
序	
前言	
编写说明	

第一篇 基础知识

第一章 概述	1
第一节 励磁系统的发展	1
一、励磁功率系统的发展	1
二、励磁调节器的发展	3
第二节 励磁调节系统的作用和基本要求	4
一、励磁调节系统的作用	4
二、对励磁系统的基本要求	12
三、电力系统稳定器 PSS	13
第二章 励磁调节系统的静态特性和动态特性	16
第一节 励磁控制系统的传递函数	16
一、各环节的传递函数	16
二、励磁控制系统传递函数框图	18
第二节 励磁控制系统静态特性	19
一、励磁控制系统静态框图	20
二、自然电压调节特性	20
三、静态电压调节特性	22
四、静态调压精度	23
第三节 励磁控制系统动态特性	24
一、励磁控制系统的稳定性	24
二、励磁控制系统的动态指标	25
三、励磁控制系统稳定性的判断	26
第四节 励磁控制系统稳定性的改善	31
一、串联补偿与并联补偿	32
二、转子励磁电压微分负反馈	33
第三章 发电机低励和失磁的危害	39
第一节 励磁工况	39
第二节 低励和失磁的物理过程	40
一、有功功率和无功功率的变化	41
二、定子电流和电压的变化	45
三、励磁电流和电压的变化	47
第三节 低励和失磁的危害	47
一、对电力系统的危害	47
二、对发电机的危害	48

第四章 三相桥式整流电路	49
第一节 三相不可控桥式整流电路	49
一、输出电压瞬时值	50
二、输出电压平均值	50
第二节 三相半控桥式整流电路	50
一、对触发脉冲的要求	51
二、输出电压	51
三、失控	53
第三节 三相全控桥式整流电路	55
一、对触发脉冲的要求	55
二、输出电压	55
三、整流电路的外特性和逆变颠覆	58
参考文献	62

第二篇 省内机组应用实例

第五章 捷克 SKODA RBA 1604.1 型励磁调节器	63
第一节 概述	63
一、系统构成简介	63
二、主要设备的技术数据	65
第二节 调节器工作原理	65
一、测量电路	65
二、给定电路	69
三、耦合电路	74
四、综合控制电路	81
五、电流调节器	88
六、低励限制电路	89
七、电流限制	91
第三节 脉冲触发及故障诊断电路	94
一、同步单元	94
二、控制电路	96
三、故障诊断电路	100
第四节 电力系统稳定器	101
一、加速功率信号的形成	101
二、电力系统稳定器的构成	102
第六章 国产 DQLT—2 型励磁调节器	104
第一节 概述	104
一、励磁系统简介	105
二、励磁系统设备的主要技术数据	106
第二节 调节器电路的工作原理	107
一、机端电压输入	107
二、电压检测与偏差电压放大	111

三、综合放大电路 SMA	113
四、低励限制电路的工作原理及静态整定	115
五、转子电流反馈与电流保护	119
第三节 脉冲触发和可控硅功率单元	122
一、转相变压器电路	122
二、同步信号分配器 SSD	122
三、移相触发电路 PFC	123
四、可控硅功率输出电路	125
第五节 A/B 调节器输出匹配和主励转子过电压测试	126
一、A/B 调节器输出电流的平衡	126
二、交流励磁机转子过电压的测试	127
第七章 俄罗斯两机励磁系统调节器	128
第一节 概述	128
一、励磁系统简介	128
二、主要设备介绍	128
三、电路特点	130
四、对安装设计的要求与实际运行情况	131
第二节 TEB 可控整流装置	131
一、可控硅整流电路	131
二、大功率触发脉冲电路	132
三、宽脉冲移相控制电路	136
四、连接电路的功能	141
五、调节控制放大器	144
六、数字电位器	145
七、跟踪电路	147
第三节 TEB 装置的工作电源与控制电路	149
一、工作电源	149
二、信号组件 BC	153
三、TEB 装置各组件电路连接和二次控制回路	154
第四节 APB-CD III 型自动励磁调节器	156
一、机端电压测量和存储式电压给定	157
二、电压比较与频率调节	163
三、综合放大、故障监测和强励电路	168
四、无功电流输出电路 БРТ	172
五、低励限制电路 OMB	176
六、过流保护电路	179
第五节 APB 的工作电源和二次控制回路	187
一、交流电源 БП	187
二、逆变电源 ИПР	188
三、继电器组件	191
四、APB 调节器的二次控制回路	193
第六节 两机励磁系统的二次控制回路	193
一、二次控制回路	193

二、励磁系统的控制开关和继电器功能简介	202
第八章 捷克 SKODA RNG—26—05 型励磁调节器	205
第一节 概述	205
一、励磁系统简介	205
二、励磁系统设备主要的技术数据	207
第二节 调节器工作原理	209
一、电压测量与综合放大	209
二、负反馈电路	215
三、电流限制电路	216
四、跟踪调整电路	220
五、低励限制电路	221
六、保护电路	223
第三节 工作电源	224
一、调节器工作电源	224
二、触发脉冲电路的工作电源	225
第四节 脉冲触发电路	225
一、脉冲触发角限制电路	225
二、触发脉冲电路	226
第五节 励磁功率电路	229
一、整流柜	229
二、可控硅功率输出电路	230
三、手动调节励磁	231
四、复励电路	231
第六节 调节器的控制电路	232
一、功能控制电路	232
二、各继电器的功能	232
三、二次控制电路	236
第七节 发电机转子过电压保护	239
一、断开励磁回路时产生的过电压	239
二、励磁回路没有断开时产生的过电压	239
三、发电机异步运行时的过电压	240
第九章 罗马尼亚 SEGS T12—2 型励磁调节器	241
第一节 概述	241
一、励磁系统简介	241
二、主要设备介绍	241
第二节 T12—2 励磁调节器电路的工作原理	245
一、机端电压的输入	245
二、机端电压测量	247
三、PCZ 调差电路	249
四、低频测量与限制	251
五、自动给定与跟踪测量	253
六、自动综合调节控制电路	258

七、PLI 过励电流的限制	263
第三节 手动给定与跟踪输出	266
一、手动给定与跟踪输出	266
二、手动综合调节控制电路	266
第四节 脉冲触发和可控硅功率输出电路	272
一、交流工作电源	272
二、触发脉冲的移相	272
三、触发脉冲分配电路	276
四、触发脉冲开关电路和脉冲监测	281
五、可控硅功率输出电路	285
第五节 逻辑控制电路工作原理	287
一、可控硅熔断器熔断监测和控制	287
二、电压互感器切换的逻辑控制	290
三、工作电源的监测	290
四、过压保护和极限电流的控制	294
五、控制接口和逻辑选择	296
第六节 工作电源和测量变换电路	300
一、工作电源	300
二、测量变换电路	300
第七节 有关集成电路的用途和逻辑功能	304
一、555 电路组件的简介	304
二、CMOS 集成电路的用途和逻辑功能	305
三、CMOS 集成电路的封装形式	311
第八节 启励与二次控制电路	312
一、发电机启励电路	312
二、测量与保护电路	312
三、T12-2 励磁系统的二次控制电路	312

第三篇 省外机组应用选例

第十章 英国 ZVA 型励磁调节器	323
第一节 概述	323
一、三机励磁系统简介	323
二、励磁系统设备主要技术数据	324
第二节 励磁调节器电路的工作原理	330
一、励磁调节器简介	330
二、电压控制回路	333
三、电流控制回路	342
四、可控硅功率输出回路	352
第三节 励磁调节器工作电源和控制、保护、报警回路	357
一、励磁调节器工作电源	357
二、调节器控制回路	359

三、调节器保护回路	364
四、调节器报警回路	364
第四节 电力系统稳定器	367
一、电力系统稳定器的构成和基本工作原理	368
二、电力系统稳定器保护和投运	373
第五节 发电机及其励磁系统监测装置	374
一、发电机定子端部绕组振动的监测	374
二、发电机气隙磁场波形监测	375
三、发电机转子电流测量和湿电流装置	376
四、发电机功角测量	378
五、旋转整流器熔断器熔断自动监测装置	380
第十一章 法国 GEC-ALSTHOM TKJ-91.42 型励磁调节器	386
第一节 概述	386
一、励磁系统简介	386
二、主要设备的技术参数	386
第二节 励磁调节器自动调节通道的工作原理	388
一、给定值设定回路	388
二、机端电压检测与电流限制	390
三、低励限制	392
四、电力系统稳定器	393
五、综合放大器电路	394
第三节 励磁调节器手动调节通道	396
一、励磁电流偏差检测回路	396
二、手动调节通道给定值设定电路	396
三、手动调节通道综合放大器	396
四、自动/手动调节通道的切换	398
第四节 励磁监视器	398
一、功能简介	398
二、故障通道的判断	399
第五节 旋转整流二极管的监视	400
一、监视信号放大转换电路 MSC	401
二、监视信号处理电路 TRD	401
三、故障判断电路 F2P3	403
四、监测装置的自检电路 SDS	403
第六节 发电机转子绝缘监视	403
第十二章 国产 SWTA 型励磁调节器	405
第一节 概述	405
一、励磁系统简介	405
二、不同容量和型号的发电机所配用的调节器参数	405
第二节 调节器的工作原理	407
一、方框图	407
二、逻辑功能及原理接线图	409

第三节 调节器中的励磁系统保护	415
一、保护的设置	415
二、主要保护及限制器简述	416
第四节 励磁调节器执行电路	422
一、可控硅整流电路简介	422
二、操作回路简介	425
第五节 电力系统稳定器 PSS	428
一、PSS 的功能	428
二、方框图	429
三、电路工作原理	429
第十三章 瑞士 ABB ADS-0/661 型数字式励磁调节器	432
第一节 概述	432
一、励磁系统简介	432
二、设备技术参数	434
第二节 调节器工作原理	435
一、电源部分	435
二、工作原理	435
三、调节器的控制功能	439
四、触发脉冲的中级及末级	440
五、磁场的启励及灭磁	441
第三节 调节器及励磁系统的保护	442
一、功率输出部分的保护	442
二、励磁回路的短路保护	442
三、转子过负荷保护	442
四、转子过电压保护	443
五、转子接地故障保护	443
六、励磁变压器保护	444
第四节 电路板的工作原理	444
一、测量单元	444
二、滤波、中断生成及监控单元	446
三、门控单元	448
四、模拟量输入/输出单元	452
五、数字量输入/输出单元	452
六、二进制输入/输出单元	453
七、计算机单元	453
八、报警指示单元	454
九、操作单元	454
第十四章 日本东芝励磁调节器	456
第一节 概述	456
一、励磁系统的结构及框图	456
二、主要设备的主要技术参数	458
第二节 励磁控制系统的构成及其功能	459