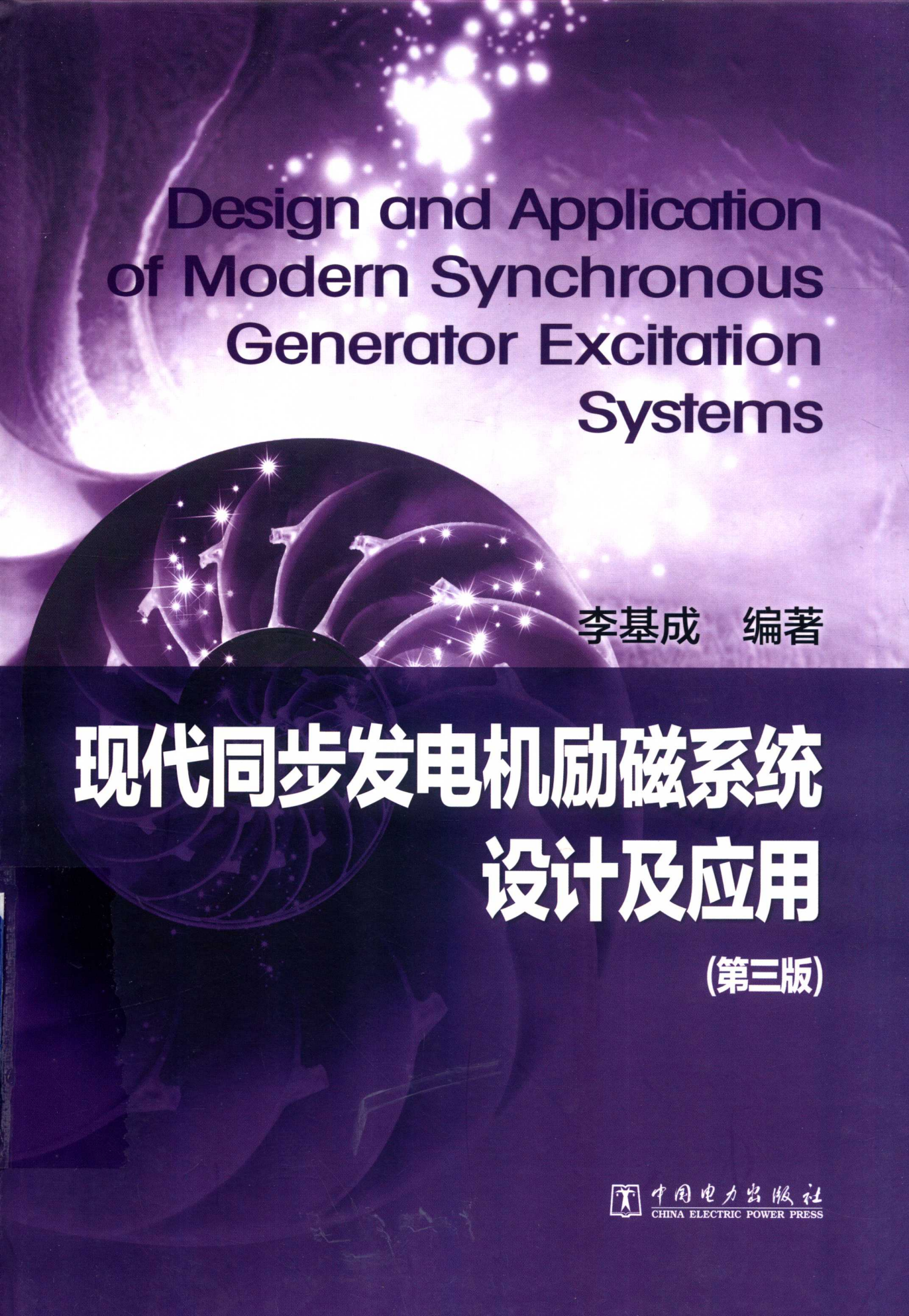




Design and Application of Modern Synchronous Generator Excitation Systems

李基成 编著

现代同步发电机励磁系统 设计及应用

(第三版)



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

Design and Application
of Modern Synchronous
Generator Excitation
Systems

李基成 编著

现代同步发电机励磁系统 设计及应用

(第三版)



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《现代同步发电机励磁系统设计及应用》出版于 2002 年,《现代同步发电机励磁系统设计及应用》(第二版)出版于 2009 年,本书为《现代同步发电机励磁系统设计及应用》(第三版)。本书内容与时俱进,新颖全面地阐述了向家坝水电机组、马来西亚 Manjung4 1000MW 火电机组、福清和三门核电机组世界一流设计水平的励磁系统。

全书共十八章,主要内容有:励磁控制方式的演绎与发展、同步发电机的基本特征、励磁调节对电力系统稳定性的影响、励磁系统的静态及暂态特性、励磁系统的控制规律及数学模型、三相桥式整流电路的基本特性、他励静止二极管整流器励磁系统、无刷励磁系统、他励晶闸管整流器励磁系统、静态自励励磁系统、自动励磁调节器、励磁变压器、功率整流柜、同步发电机灭磁及转子过电压保护、水轮发电机组励磁系统的性能特征、可逆式抽水蓄能机组励磁控制及启动系统的功能特征、1000MW 容量级汽轮发电机组励磁系统的性能特征和 1000MW 容量级核电汽轮发电机组励磁系统的性能特征。

本书可供电力试验研究所和电机制造厂励磁相关专业人员参考,也可供电站设计、调试和运行维护人员学习参考,同时还可作为高校电力系统专业学生的学习教材和参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

现代同步发电机励磁系统设计及应用 / 李基成编著. —3 版. —北京:中国电力出版社, 2017.3
ISBN 978-7-5123-9686-9

I. ①现… II. ①李… III. ①同步发电机—励磁系统—研究 IV. ①TM341.033

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 200932 号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街 19 号(邮政编码 100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:薛 红(010-63412346) 周秋慧

责任校对:郝军燕

装帧设计:王英磊 赵姗姗

责任印制:邹树群

印 刷:三河市万龙印装有限公司

版 次:2002 年 7 月第一版 2017 年 3 月第三版

印 次:2017 年 3 月北京第五次印刷

开 本:787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张:35

字 数:863 千字 2 彩页

印 数:12001—13500 册

定 价:158.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换



李基成

教授级高级工程师。

清华大学电力系统国家重点实验室兼职正研究员。

三峡水电站励磁系统高级技术顾问。

中国水力发电学会电力系统自动化专委会技术顾问。

享受国务院颁发的有特殊贡献专家津贴。

- 1953 年 9 月毕业于东北工学院电机系，先后在哈尔滨电机厂、机械部大电机研究所从事同步发电机励磁系统研究及开发工作。设计了中国第一台励磁调节器及第一套他励二极管整流器励磁系统。
- 1979 年调入机械工业部哈尔滨电站设备成套设计研究所。
- 1982 年 9 月赴美国西屋公司奥兰多及匹兹堡分厂学习 600MW 汽轮发电机组无刷励磁系统设计。
- 1987 年 6 月作为华能国际电力开发总公司的代表，赴美国 G.E 通用电气公司监造和验收华能上安电厂和华能南通电厂 4 套 350MW 汽轮发电机组成套设备。
- 1990 年 9 月参加由能源部中电联组团的中国电气专家代表团，对前苏联各地区电力试验研究所进行学术交流访问。
- 1991 年 7 月赴菲律宾马拉尼安盖特水电站，负责主持一项水电工程成套励磁设备的设计、安装及调试投运工作。
- 1999 年任清华大学电力系统国家重点实验室兼职正研究员。
- 2000 年先后承担大亚湾核电站 1000MW、扬州第二发电厂 600MW 以及珠海发电厂 740MW 大型汽轮发电机组励磁系统培训、现场调试及投运技术支持及顾问工作。
- 2002 年受聘为三峡水电站励磁系统高级技术顾问，参加左岸 700MW 水轮发电机组励磁系统启动投运及调试工作。
- 2004 年受聘江苏核电有限公司田湾核电站 1000MW 汽轮发电机组无刷励磁系统人员培训、启动调试技术支持及顾问工作。
- 2005 年以来先后多次参加三峡、龙滩、景洪和拉西瓦水电站诸多水电机组励磁系统的标书审定及评标工作。
- 2014 年 9 月访问瑞士巴登 ABB 公司励磁及同期产品技术部和法国 Basler 电气分公司技术部进行技术交流。

第一版序

在励磁和励磁控制系统技术领域的开拓和发展中,世界各国的科技工作者在近半个世纪的时间里作出了不懈的努力和重要的贡献。如前苏联开发了强励式励磁调节器,其作用原理是利用多个参量的偏差和导数进行综合控制,以达到阻尼低频功率振荡和提高电力系统小扰动稳定性的目的。

众所周知,西方国家在解决电力系统低频振荡问题时,采用了“电力系统稳定器(PSS)”,此方法与前苏联强励式励磁调节器比较,其物理概念清晰,参数易于整定,在工程中得到了广泛的应用。

自20世纪60年代,随着现代控制论及计算机技术的飞速发展,国内、外一些知名学者相继提出了利用现代控制理论研究电力系统控制的课题,具有代表性的是在70年代初,加拿大的余耀南教授率先提出了利用现代控制理论对电力系统进行多参量线性最优控制的研究。其后,清华大学一些学者开拓性地将现代线性控制理论用于励磁控制系统的研究,并在80年代初完成了工业试验,取得了良好的效果。

正如50年代将拉氏变换、复变函数理论和传递函数描述方法应用于单参量输入和输出系统以及60年代将状态空间现代控制理论与线性代数分析方法相结合并应用于线性多变量最优控制系统一样,在近10年来,将微分几何理论引入非线性多变量控制系统的研究也取得了很大的进展。由清华大学研制的非线性多变量励磁控制器在设计中采用了精确的(非近似线性化)非线性电力系统模型,并基于微分几何原理,将电力系统描述为一个标准的仿射非线性系统,这种非线性励磁控制器对提高电力系统稳态和暂态稳定均有良好的效果,当系统参数变化时,亦具有良好的鲁棒性,在工业中也获得了应用。

近年来,随着我国电力系统建设和大型水、火发电机组制造事业的飞跃发展,以及国外发电设备的引进与技术交流,在励磁控制领域中已培育出一批在基础理论方面训练有素、在实践方面经验丰富和勇于进取的专业队伍。

在未来,随着诸如三峡电站的建设以及机组容量达1000MW的田湾核电站

的兴建和西部电力系统大开发的带动，我国的科技工作者将担负着重大的历史使命。《现代同步发电机励磁系统的设计及应用》一书是作者继《自动调整励磁装置》、《现代同步发电机整流器励磁系统》两书出版之后的第三本励磁专著。本书作者以明确的思路，精练的语言和新颖的取材，系统地总结了作者近 50 年来在励磁专业实践中的研究心得，论述了在大型水、火电机励磁系统发展中具有重大影响的基础理论和特有的关键技术，本书是近年难得的励磁方面的专著，相信本书的问世必将会对我国励磁控制技术的发展和这一领域的人才培养起到有力的推动作用。

清华大学电力系统

国家重点实验室

卢 强

2002 年 2 月

第一版前言

在现代电力系统中,同步发电机运行的稳定性一直是世界各国所普遍关注的课题,在诸多改善发电机稳定性的措施中,提高励磁系统的控制性能,被公认为是最有效和经济的措施之一。

尽管励磁控制技术的重要性得到了普遍的认同,但是,涉及系统的论述励磁系统的性能特征、参数选择原则等具体工程应用方面的励磁专著仍属少见。

有鉴于此,作者结合近 50 年来从事励磁系统设计及研究开拓方面的心得,撰写了这本突出实用性,兼顾励磁系统设计和应用,以论述励磁系统具体工程技术问题为中心的励磁专著,以应当前之所需。

此外,本书在取材方面也力求能反映国内、外励磁技术的一些新的进展,对诸如励磁变压器的特征、静止自励励磁的轴电压、功率整流柜的阻容保护电力系统电压调节器 PSVR 以及综合励磁与调速技术于一体的线性多变量控制器等专题作了介绍和论述,以期国内在开展这方面研究工作时引以为借鉴和参考。

在本书定稿时,蒙中国电力科学研究院刘增煌高工对书稿进行了审阅,并提出了宝贵的改进意见,对此致以谢意。

作者衷心地感谢中科院院士、清华大学电力系统国家重点实验室主任卢强教授为本书所作的序言。

多年来,卢强教授在诸多方面给予了作者大力的支持与帮助,于此一并致以谢忱。

在本书出版之际,使作者更加缅怀早逝的清华大学原校长高景德教授,先生一生治学严谨,诲人不倦,为人高风亮节,大器无华,恩师的关怀与教诲使我终生铭记难忘!

李基成

2002 年 3 月 20 日

前 言

《现代同步发电机励磁系统设计及应用》(第三版)终于问世了,这是在我逾60年的励磁专业生涯中出版的第五本励磁专著。

第一本励磁专著《自动调节励磁装置》创作于1958年,由水利电力出版社出版发行,当时我正在北京外国语学院留苏预备部攻读俄文,最初的愿望是利用课余之时总结一下五年来在哈尔滨电机厂从事励磁专业工作方面的收获,后来在清华大学电机系留德博士程式教授的支持、鼓励和推荐下才有了出书念头,此书得以出版,从我技术生涯成长角度来说,程式教授是我的启蒙恩师。

《自动调节励磁装置》是我国出版的第一本论述直流励磁机励磁系统和磁放大器励磁调节器的励磁专著,出版后取得了未曾料到的效果,当时几乎成为水电励磁行业最有影响的一本专著,风光了十几年,无论到哪里,即使在偏远的山野小水电站,也会有人热情的款待你,作者两字冠在一个二十几岁年轻人的身上是金光闪闪的桂冠!这种例子,还有许多!

第二本励磁专著《现代同步发电机整流器励磁系统》的出版就坎坷得多了,由于众所周知的时代的影响,书稿起写于1968年,出版于1988年,历时二十载,其间曾四次易稿,重新写起,手稿盈尺,其艰辛非笔墨所能及,书稿有的素材写作于公出旅途中,有的构思在那人潮如水般的火车站中、在那穿梭而过的候机室里,有的章节则写在辞旧迎新的欢庆节日中。

特别记得有些章节是我在20世纪70年代初哈尔滨近郊阿城立新公社柳蒿沟插队时撰写的,腊月寒冬的北方农村,夜深人静,北风凛冽,寒气袭人。在我住的农村茅草屋中,取暖常常是烧土火炕或者将一堆玉米棒填进室内的一个小火炉中,熊熊的火焰点燃起一阵希望之火,但这温暖只是瞬时的,正如安徒生“卖火柴的小姑娘”手中划过的火柴一样,温暖一闪而过了!窗外射来的一缕月光如水,与墙角凝结的冰霜相映闪烁,此景此情,真是“满窗明月满帘霜”。独怆然而涕下,彻夜笔耕写作常常是这样进行的。

春去秋来,几度夕阳,笔耕如春蚕般在桑叶上无声无息地缓缓蠕动着,就这

样我付出了几十年的青春年华，无悔地去探索追求一个实现人生自我价值的笔耕之梦！

在笔耕的人生旅途中，也有许多欢欣的时刻，社会的认同给予我极大的鼓舞与激励。记得1995年去新疆独山子电厂访问时，原想当天返回乌鲁木齐，当厂领导知道我是《现代同步发电机整流器励磁系统》一书作者时，连说：“李老师来了！李老师来了……”，立即热情挽留我过夜，有五位厂领导陪同，在豪华的巴赫曼宾馆设新疆风味特色盛席款待。一本书有如此广泛的影响，甚至在漫漫的西北大漠，使我感到震惊！应当提及，一代宗师清华大学校长高景德教授为我第二本励磁专著写了序言，恩师的关怀和鼓励，使我终生铭记。

我的第三本励磁专著是《现代同步发电机励磁系统设计及应用》，这本书构思于1995年底，出版于2002年7月，历时约7年有余，书稿撰写于全国各地，有些部分是在新疆乌鲁木齐乌石化总厂图书馆完成的，还有些部分分别写于山东济南、广东潮州和东北的富拉尔基热电厂、大亚湾核电站、田湾核电站、扬州第二发电厂和珠海发电厂等地。

第三本专著出版时，正值我国经济与科技飞速发展的良好时期。由于时代的需求，第三本励磁专著的出版在业界受到了普遍的好评。

特别值得说明的是，第三本专著的出版也得到业界许多同仁的支持与帮助，特别是我多年的挚友中科院院士、清华大学卢强教授为专著写了序言，对此我致以衷心的感谢！

第四本励磁专著《现代同步发电机励磁系统设计及应用》（第二版）于2009年出版，构思于2003年，创作及定稿历时6年。

第四本专著的写作背景是，在2003年我担任三峡水电站700MW水电机组励磁系统的首席技术顾问，参加了左岸机组励磁系统的启动调试及投运工作，在工地我亲身感受到水电建设者热爱祖国、无私奉献的伟大胸怀，这种朝气蓬勃、勇于进取的大时代精神，给予我极大的与时俱进的动力！通过两年来在三峡水电站励磁系统的现场工作，使我对大机组励磁系统的性能特征有了更进一步的了解与掌握。

其后，我又应聘在田湾核电站担任俄罗斯1000MW核电机组励磁系统技术支持顾问工作，参加现场调试、专题研究及人员培训工作，翻译了相关俄文技术文件，组织人员培训。

这些业务实践，以及以前曾担任珠海电厂740MW、扬州第二发电厂

600MW 西屋公司火电机励磁系统的培训工作、大亚湾核电站 1000MW 俄罗斯核电机励磁系统的培训工作，并对抽水蓄能机组励磁系统进行过调研及专题研究，使我萌生了创作一部跨越学科界限论述励磁系统的专著的思路，例如在水电抽水蓄能机组励磁方面，在论述励磁系统的同时，又补充了运行方式的切换以及变频起动专题内容，使读者对此专题内容有一个完整的和系统的了解，与此同时在对有关基础章节的论述方面，比如对同步电机基本特性的讨论以及整流线路特性的描述上更注重在励磁系统应用方面的需求，于是《现代同步发电机励磁系统设计及应用》（第二版）应运而生。

《现代同步发电机励磁系统设计及应用》（第三版）（以下简称第三版）是我的第五本励磁专著，其写作构思始于 2013 年，从写作到定稿历时 4 年有余。第三版书稿内容与第二版最大的不同之处在于：第二版书稿内容论述的是三峡水电站、田湾核电站的励磁系统，均属于 2000 年左右的设计水平，而第三版论述的内容，水电机励磁系统则是以论述向家坝水电站，单机容量世界最大的 850MW 水电机励磁为主，火电机励磁系统介绍的是马来西亚 Manjung4 火电站 1000MW 汽轮发电机励磁系统，核电机励磁系统论述的是福清核电站 1278MVA 半速汽轮发电机励磁系统和三门核电站 1407MVA 半速汽轮发电机励磁系统，这些均属于 2015 年世界一流设计水平的励磁系统。

第三版论述内容在取材方面除了注重与当代励磁控制前沿技术的发展相结合之外，更注重内容新颖和全面性的要求，在论述中注重工程应用与基础理论的密切结合，例如对同步电机基本理论的论述以有助于对励磁系统特性的分析为前提，对三相桥式整流线路的论述密切与功率整流器运行特性的分析相结合等。

第三版在以励磁系统论述为中心的基础上，注重与其他相关学科的交融，例如在水电励磁系统章节中除列入了抽水蓄能机组的励磁方式外，还进而拓展到变频起动；在发电机低励磁限制论述中，跨学科的交叉到失磁继电保护领域，有机地将两者纳入一体。使读者拓宽了视野，并在更深层次上了解到专题内容的精华。

在第三版写作过程中，诸多的国内外励磁行业同仁对本书的写作给予了很大的支持和帮助。在本书出版之际，特别对溪洛渡水电站、向家坝水电站、三峡水电站、广州中国电器科学研究院、上海 ABB 工程有限公司、南京 Siemens 电站自动化有限公司以及中国区 Alstom 公司致以衷心的感谢！

在第三版出版发行之际，还应说明的是根据中国电力出版社与美国有 210 年出版历史的 John Wiley & Sons, Inc 公司签订的版权输出协议，Wiley 出版社将

以《现代同步发电机励磁系统设计及应用》(第三版)中文版为蓝本,将于2017年下半年在全世界范围内发行本书的英文版,此项英译工作同样得到了国内外励磁界同仁的支持与帮助,在此一并致以谢忱!

李基成

2016年11月23日

哈尔滨小雪之冬

第一版序

第一版前言

第三版前言

第一章 励磁控制方式的演绎与发展..... 1

第一节 概述..... 1

第二节 励磁控制方式的演绎..... 1

第三节 线性多变量综合控制器..... 10

第四节 非线性多变量励磁控制器..... 18

第五节 电力系统电压调节器 PSVR..... 21

第二章 同步发电机的基本特性..... 30

第一节 同步发电机电势相量图..... 30

第二节 同步发电机的电磁功率与功角特性..... 33

第三节 同步发电机运行容量特性曲线..... 35

第四节 外接电抗对运行容量特性曲线的影响..... 39

第五节 发电机运行特性曲线..... 43

第六节 同步发电机的暂态特性..... 47

第三章 励磁调节对电力系统稳定性的影响..... 57

第一节 稳定性的定义和分类..... 57

第二节 稳定性的判据..... 58

第三节 励磁调节对电力系统稳定的影响..... 58

第四章 励磁系统的静态及暂态特性..... 65

第一节 励磁系统的静态特性..... 65

第二节 发电机的电压调差及电压调差系数..... 68

第三节	励磁系统的暂态特性	73
第四节	励磁系统的稳定性分析	79
第五章	励磁系统的控制规律及数学模型	81
第一节	励磁系统的基本控制规律	81
第二节	励磁系统的数学模型	90
第三节	励磁控制单元的数学模型	98
第四节	励磁系统参数的设定	103
第六章	三相桥式整流电路的基本特性	114
第一节	概述	114
第二节	三相桥式整流器工作原理	114
第三节	第Ⅰ种换相状态	115
第四节	换相角	120
第五节	整流电压平均值	121
第六节	整流电压瞬时值	125
第七节	元件电流有效值	126
第八节	交流电流基波及谐波值	127
第九节	整流装置的功率因数	131
第十节	第Ⅲ种换相状态	135
第十一节	第Ⅱ种换相状态	140
第十二节	整流外特性曲线	141
第十三节	三相桥式逆变电路的工作原理	143
第七章	他励静止二极管整流器励磁系统	148
第一节	交流电流的谐波分析	148
第二节	非畸变正弦电动势及等效换相电抗	149
第三节	换相角 γ 与负载电阻 r_f 及换相电抗 X_γ 的关系式	153
第四节	整流电压比 β_u 和整流电流比 β_i	155
第五节	具有整流负载的交流励磁机稳态计算	157
第六节	励磁机通用外特性	160
第七节	具有整流负载的交流励磁机暂态过程	161
第八节	具有整流负载的交流励磁机暂态简化数学模型	163

第九节	发电机励磁电流小偏差变化时励磁系统的暂态过程	166
第十节	二极管整流器对发电机励磁回路时间常数的影响	169
第十一节	具有整流器负载的交流励磁机励磁电压响应	170
第十二节	交流励磁机短路电流计算	173
第十三节	交流励磁机额定参数及强励参数的计算	177
第八章	无刷励磁系统	180
第一节	无刷励磁系统的发展	180
第二节	无刷励磁系统的技术规范	184
第三节	无刷励磁系统的组成	186
第四节	交流励磁机的电压响应特性	189
第五节	无刷励磁系统的控制特性	191
第六节	无刷励磁系统的数学模型	195
第七节	发电机励磁参数的检测及故障报警	206
第九章	他励晶闸管整流器励磁系统	213
第一节	概述	213
第二节	他励晶闸管整流器励磁系统的特征	214
第三节	谐波电流负载对辅助发电机电磁特性的影响	218
第四节	他励晶闸管整流器励磁系统参数计算	225
第五节	具有高、低压桥式整流器的他励晶闸管励磁系统	228
第六节	高、低压桥式整流线路参数的计算	231
第七节	他励晶闸管整流器励磁系统的暂态过程	234
第十章	静态自励励磁系统	238
第一节	概述	238
第二节	静态自励励磁系统的特征	241
第三节	静态自励励磁系统的轴电压	255
第四节	低励限制与失磁保护的配合	260
第五节	水轮发电机的电气制动	268
第六节	抽水蓄能水电站电气制动的应用实例	272
第十一章	自动励磁调节器	275
第一节	概述	275

第二节	数字控制的理论基础	276
第三节	数字采样与信号变换	281
第四节	控制运算	283
第五节	标么值的设定	288
第六节	数字式移相触发器	289
第七节	三相全控桥式整流线路的外特性	290
第八节	数字式励磁系统的特征	293
第十二章	励磁变压器	304
第一节	概述	304
第二节	树脂浇注干式励磁变压器的结构特征	306
第三节	树脂浇注干式励磁变压器的应用特征	307
第四节	树脂浇注干式励磁变压器技术规范	308
第五节	励磁变压器的谐波电流分析	324
第十三章	功率整流柜	330
第一节	晶闸管整流元件的技术规范及基本参数	330
第二节	功率整流柜的基本参数计算	335
第三节	大容量功率整流柜的冷却方式	340
第四节	功率整流柜的均流	345
第五节	功率整流柜的保护	348
第六节	晶闸管的故障损坏	358
第七节	功率整流柜的并联运行容量	361
第八节	双桥功率整流柜并联运行的不确定性	364
第九节	功率整流柜的五极隔离开关	365
第十四章	同步发电机灭磁及转子过电压保护	367
第一节	概述	367
第二节	灭磁系统的性能评价	369
第三节	灭磁系统的分类	372
第四节	饱和对灭磁的影响	384
第五节	阻尼绕组回路对灭磁的影响	386
第六节	磁场断路器	388

第七节 非线性灭磁电阻的性能特征	396
第十五章 水轮发电机组励磁系统的性能特征	403
第一节 概述	403
第二节 向家坝水电站机组静态自励励磁系统	403
第十六章 可逆式抽水蓄能机组励磁控制及启动系统的功能特征	434
第一节 概述	434
第二节 抽水蓄能机组的运行方式与励磁控制	434
第三节 抽水蓄能机组励磁系统的应用实例	437
第四节 静止变频器 SFC 的工作原理	452
第五节 静止变频器 SFC 电流和转速双闭环控制系统	469
第六节 变频启动电流谐波分量对电站及电力系统的影响	471
第七节 抽水蓄能机组 LCU 控制程序	474
第八节 抽水蓄能机组调相运行方式	476
第九节 抽水蓄能机组的灭磁系统	477
第十节 抽水蓄能机组的电气制动	480
第十一节 抽水蓄能机组的轴电流保护	482
第十二节 抽水蓄能机组 PSS 的应用特征	484
第十七章 1000MW 容量级汽轮发电机组励磁系统的性能特征	486
第一节 马来西亚 Manjung4 火电厂汽轮发电机组励磁系统简介	486
第二节 汽轮发电机组及励磁系统主要参数	487
第三节 励磁系统主要部件参数计算	491
第四节 自动调节励磁系统方框图	498
第十八章 1000MW 容量级核电汽轮发电机组励磁系统的性能特征	505
第一节 福清核电站汽轮发电机组无刷励磁系统的性能特征	505
第二节 无刷励磁机的结构特征	512
第三节 多相无刷励磁机工作状态分析	514
第四节 福清核电站励磁系统参数计算	519
第五节 三门核电站汽轮发电机组静态自励励磁系统	526
参考文献	539
索引	542

第一章

现代同步发电机励磁系统设计及应用
(第三版)

励磁控制方式的演绎与发展

第一节 概 述

在现代化的电力系统中,提高和维持同步发电机运行的稳定性,是保证电力系统安全、经济运行的基本条件之一。在众多改善同步发电机稳定运行的措施中,运用现代控制理论、提高励磁系统的控制性能是公认的经济而有效的手段之一。

自 20 世纪 50 年代以来,随着时代的发展,不论是在控制理论还是在电子器件的研制和实际应用方面,均取得了长足的进展,这些成果进一步促进了励磁控制技术的发展。

在本章中将对半个世纪以来不同历史时期励磁控制技术的演绎作一简要的阐述。但是在论述上,将不会过多的引用数学逻辑上的推导,而是以国内学术界认同的主要论断为依据,从中拓展出有益的结论。

第二节 励磁控制方式的演绎

在 20 世纪 50 年代初期,自动电压调节器的主要功能是维持发电机电压为给定值。当时应用的电压调节器多为机械型的,其后又发展为电子型或者电磁型。

在 20 世纪 50 年代后期,随着电力系统的大型化和发电机单机容量的增长,出于提高电力系统稳定性的考虑,自动电压调节器的功能已不再局限于维持发电机电压恒定这一要求上,而更多地体现在提高发电机的静态及动态稳定性方面。这标志着对励磁调节器的功能要求已有了根本的转变。

在 20 世纪 50 年代,有一点需说明的是,关于强行励磁的作用问题。当时有一种观点认为,在系统事故时,应当限制强励的作用,以防止发电机定子电流过载。但是,苏联学者经过试验及实践表明:采用强行励磁可加速切除系统事故后电压的恢复,并可缩短定子电流过负载的时间,这对于缩短事故后系统电压的恢复时间及系统稳定性均是极为有利的。

自 20 世纪 50 年代至今,励磁控制技术取得了极大的进展。概括地说,励磁控制方式的演绎大致经历了单变量输入及输出的比例控制方式、线性多变量输入及输出的多变量反馈控制方式以及伴随控制理论发展起来的非线性多变量控制方式等几种主要的演绎阶段,现分述如下。