

电 机 工 程 手 册

ELECTRICAL ENGINEERING HANDBOOK

第二版

机械工业出版社

电机工程手册

第 二 版

输变电、配电设备卷

机械工程手册

电机工程手册

编辑委员会



机械工业出版社

电机工程手册(第二版)共8卷58篇,分为基础、设备、电力系统、应用、自动化与通信等5部分。本卷属设备部分中的一卷,全卷包括电线电缆篇,变压器、互感器、调压器、电抗器篇,高压开关设备篇,低压电器篇,绝缘子、避雷器篇,电力电容器篇,保护继电器与继电保护装置篇。本卷所设的7篇都是输变电、配电中的关键设备,各篇除了介绍工作原理、主要结构、设计要点而外,对试验、安装、运行、维护也都有一定的篇幅,而且特别注意到新技术新产品的介绍。

本手册主要供具有中等技术水平以上的广大电机工程技术人员在综合研究和处理本专业及相关专业的各种技术问题时,起备查、提示、启发的作用,也可供高等学校师生及其他有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机工程手册:输变电、配电设备卷/机械工程手册电机工程手册编辑委员会编. —2版. —北京:机械工业出版社,1997
ISBN 7-111-04522-X

I. 电… II. Ⅲ. ①电机工业-技术手册②输电-设备-技术手册③配电盘设备-技术手册 IV. TM3-62

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第21463号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)
责任编辑:刘思源 版式设计:徐珏蓉 责任校对:肖新民
封面设计:姚毅 责任印制:路琳
机械工业出版社印刷厂印刷·新华书店总店北京发行所总代理发行
1997年6月第2版第3次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·54.75印张·4插页·1539千字
60 001—67 000册
定价:130.00元

第一版编辑委员会

主任委员 沈 鸿
副主任委员 周建南 汪道涵 张 维 史洪志
委 员 (按姓氏笔划为序)
叶 铮 孙 琪 许力以 张 影 张大奇 陈文全
陈元直 寿尔康 金实蘧 施泽均 俞宗瑞 陶亨咸
翁迪民 章洪深 曹维廉 程 光

《电机工程手册》(第一版) 特约编辑

(按姓氏笔划为序)

于志璇	方大中	方福林	王众托	王祖泽	支秉彝
龙汉河	叶自仪	叶仰尧	冯勤为	刘 豹	刘大椿
刘绍峻	传 凯	朱仁堪	朱春甲	许连义	汤明奇
吕勇哉	阮善先	肖 心	陈 熙	陈来九	沈从龙
张弘夏	张明勋	张朝汉	邹时琪	邹康宏	吴维正
吴履梯	严筱钧	孟庆元	周仲民	周茂祥	周鸿昌
林金铭	郝立至	祝宗寿	顾心民	殷元章	殷向午
贾自亮	郭志坚	唐宝乾	梅贤豪	黄祖干	葛和林
褚应璜	樊 虎	霍梓荣			

《电机工程手册》(第一版) 编辑及编辑组负责人

(按姓氏笔划为序)

马健华	王 达	王力中	王志森	王良楮	王树勋
刘 镇	刘向亭	邓子静	邓昆甫	孙流芳	吕敏戌
汤镛之	陈文全	陈元直	闵君一	沈宝书	余果慈
陆鸣嘉	吴雪莹	罗命钧	施泽均	俞宗瑞	姚洪朴
海 靖	高庆荣	高振鸾	顾谷同	钱寿福	鲁学平
谢 健	雷 引	颜明志			

输变电、配电设备卷

分编辑委员会

负 责 单 位	西安电力机械制造公司
主 任 委 员	楼家法
副 主 任 委 员	吴晓华 黄奕庭
秘 书	毛宝良
委 员	(按姓氏笔划为序)
方文楷 王季梅	毛宝良 朱英浩 刘思源 吴晓华
沈文琪 沈光汉	李文军 李松乔 何瑞华 范载云
陈戌生 秦文钝	黄奕庭 楼家法

主 任 编 辑	刘思源
责 任 编 辑	刘思源

第 二 版 序

《机械工程手册》和《电机工程手册》第二版正式和广大读者见面了。这两部大型综合性技术工具书是我国机电工业的一项重大基础性建设。

手册的第一版编写于70年代,得到了老一辈革命家的亲切关怀,周恩来总理生前曾指示要抓好这件事。在著名机械工程专家、中国科学院院士沈鸿等同志的领导下,组织了全国各有关方面的2300多位专家和学者,用了近10年的时间,编辑出版了这两部机电工程领域前所未有的巨著。出版以后,受到了社会各方面的重视和好评,曾荣获全国科学大会奖、全国优秀科技图书一等奖、国家图书奖等,是全国十大科技出版工程之一。先后发行10多万套,对机电工业的发展发挥了重要作用。

机电工业是国民经济的装备产业和先导产业。机电工业的发展水平,在很大程度上决定着一个国家的工业水平和科技水平。近十几年来,我国机电工业坚持改革开放,大力推进技术进步,整体素质和实力有所增强,产品的质量和水平有较大提高,产品门类和品种有较快发展,为我国社会主义现代化建设做出了应有的贡献。但是也应当看到,与国民经济蓬勃发展的需要和国际先进水平相比,我国机电工业还存在着一定差距。在我国社会主义市场经济体制逐步建立和完善的进程中,在世界范围新技术革命步伐加快的过程中,我国机电工业既有机遇,又有挑战。为此,机电工业必须真正转到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来,下大力气掌握和追踪新技术,开发和应用新技术,改造传统工艺,发展新兴产业,不断增强机电工业在国内外两个市场的竞争能力。只有这样,我们才能更好地完成党和人民赋予我们的振兴机电工业的历史重任。正是为了适应这一新的形势,有必要对两部手册重新编写第二版。

这次第二版的编写工作,再次得到了党和国家领导的关心和重视。江泽民总书记亲笔题词,强调要“荟萃机电专业精华,为社会主义现代化建设服务”。这就为二版工作明确了指导方针和努力方向,有力地推动了二版工作的顺利进行。

“大道行于百年,权宜利于一时”。这两部手册是积累、扩充和传播知识的工具,是机电科技领域的一项宏远工程。这次重新编写后的第二

版，在第一版的基础上认真总结了十多年来的成就和经验，积极吸取了国外的先进科学技术，对一些内容作了修改或更新，增补了许多高新技术篇章，努力使机、电、仪有机结合，以更好地适应当前和今后发展的需要。第二版编写以“全、精、新、准”为特点，在整体上，强调“立足全局，勾划概貌，反映共性，突出重点”；在取材上，突出“基本、常用、关键、发展”；在内容上，具有“科学性、先进性和实用性”；在表达上，力求“简明扼要，深入浅出，直观易懂，归类便查”。总之，经过这次修订，使这两部手册内容更加丰富，结构更加合理，使用更加方便，综合水平、技术水平和编写水平都上了一个新台阶。

这两部手册，主要供从事技术工作的各类人员查阅使用，同时，也可供企业和机关从事管理工作的人员参考使用，从中了解有关专业的国内领先水平和国际先进水平，了解和把握新技术动向，以便能准确、科学地做出决策和规划长远，使我们的工作更具系统性、预见性和创造性，更好地为机电工业的持续、快速、健康的发展服务。

这一版的编委会由机械工业部会同 17 个有关部委和总公司等共同组成，来自全国 500 多个单位从事科研、生产、设计、教学等工作的有专长、有经验和有成就的 3000 多位专家和学者参与了编审工作。各单位十分重视和支持这两部手册的编写工作，做了很大贡献，编审人员付出了艰辛的劳动，保证了这项庞大工程高质量的顺利完成。在此，我谨代表编委会和机械工业部向以沈鸿同志为代表的第二版全体编审人员致以崇高的敬意，同时向支持本版工作的各部委及参加编审工作的全体工作人员表示衷心的感谢！

现在第二版虽已出版，但仍有一些不尽人意之处，殷切希望广大读者批评指正，以便在今后的工作中改进。

何 光 远
1995 年北京

第 一 版 序

期望已久的《机械工程手册》和《电机工程手册》终于分卷合订成册，正式出版了。这是对我国机电工程科学技术领域的一个贡献。两部手册的编写队伍，由国内有专长、有经验的学者、专家所组成。这两部手册扼要地总结了我国机电工程各主要方面的科学技术成就，同时也吸收了一些国外的成熟经验。聚沙成塔，集腋成裘。名为手册，实则巨著。

读书不易，写书颇难，写工具书更难，写综合性工具书可谓难中之难。为了编好两部“立足全局，勾划概貌，反映共性，突出重点”，而又全面的、完整的、彼此协调的手册，同志们做了很大努力，从无到有，诸事草创，困难重重，艰辛备尝。恰似唐朝韩愈所说的：“贪多务得，细大不捐。焚膏油以继晷，恒兀兀以穷年。”值此合订本出版之际，我谨向各主编单位、各编写单位和印刷出版单位，向数以千计的全体编审同志，向遍及全国的为两部手册提供资料和其他方便条件的单位和同志们，表示衷心的感谢。

两部手册的第一版，现在完成了。对编写者来说，已经有了成果。而对阅读手册的工厂、学校、院所、机关同志们来说，还只是两朵鲜花。在成千上万人的应用中使鲜花结成果实——发展机电工程科学技术事业，为现代化建设服务——才是更丰硕的成果。这才是我们的目的。

一般说来，工具书分两种类型：一种是综合性的，一种是专业性的。综合性的工具书从广度来说是较为全面的，从深度来说是不足的；而专业性的工具书则反之。二者各有所长，相辅相成。我们这两部手册是综合性的工具书，主要供从事技术工作的各类人员查阅使用。对于搞专业性技术工作的人员来说，还可从中猎取相邻专业和其他有关专业的知识，帮助他们从专业分工的局限性中开拓思路，从科学技术各个环节的相互联系上，综合地、全面地研究和解决技术问题。也唯有以渊博的科学技术知识作为基础，才能不断创新。在编写这两部手册时，考虑到专业手册还比较少，而且一时又出不了那么多，因此在内容的深度上也予以顾及，以适当满足专业工作的需要。所以，它的篇幅已经超过一般常见的综合性手册了。实践是检验真理的唯一标准。我们将严肃认真地听取广

大读者的反映和意见，作为评价和改进两部手册的主要依据。国外这类工具书已经有了几十年、甚至百余年的历史，而我们则刚刚开始。现在是从无到有，将来是精益求精。让我们在新的长征途中，戮力同心，再接再厉，去完成时代赋予我们的光荣使命。

沈 鸿

1982 年北京

第二版编辑说明

《电机工程手册》是一部系统概括电机工程各专业主要技术内容的大型综合性工具书，初版于70年代。二版修订是在一版的基础上，更新内容，完善不足，进一步突出综合手册“全、精、新、准”的特色，使之更好地适应科学技术发展的需要，为我国的社会主义现代化建设服务。

一、修订的重点

1. 在新技术方面 认真吸取了国内外主要的新技术成就，增设了与现代电工科学技术息息相关的如涉及微电子、电力电子、自动化、新能源、新材料、光纤通信、激光等新兴技术篇章。对传统专业中某些新的分支，如直流输电、交流调速技术、传感技术、伺服技术和电磁兼容技术等都加重了份量或新辟了章节。

2. 在基础方面 为了适应改革开放的需要，更好地为读者提高综合分析、应变与开拓能力服务，对电工科学技术有关的基础理论、基础技术、基础元器件和材料以及现代企业管理的基础，有的作了较大扩展，有的则增添了新篇章。

3. 在应用方面 将电能应用领域进行了拓宽，进一步扩大到铁道、公路、水运、民航、家用、医疗和科研等领域，并对具有广泛适用性的激光、电子束、离子束装置和加速器以及计算机的应用设置了专篇。

4. 在综合方面 为了适应现代科学日益向综合化发展的需要，从篇目框架设计到各篇内容安排和编写，力求更好地体现各专业之间的相互交融、相互渗透的关系，揭示有关的内在联系，更好地贯彻“立足全局，勾画概貌，反映共性，突出重点”的编辑方针。例如，为提炼共性技术，增设了电机通论篇和电工产品通用制造工艺篇等，同时还充实了环境保护、可靠性、节能、安全等综合技术的内容。

二、内容和结构

二版主要包括基础、电工设备、电力系统、电能应用和自动化与通信5部分，共58篇，分为8卷。

1. 基础部分 由通用电工理论基础、技术基础、基础元器件和材料以及现代企业管理基础等组成，共18篇，分为2卷。其中新增的篇有电子电路、电子计算机、可靠性技术、电工通用制造工艺、现代企业管理基础与电工标准和技术法规等。

2. 电工设备部分 含常规的与专用、特殊的各类电机和输变电、配电设备，共13篇，分为2卷。

3. 电力系统部分 由电能的发、送、变、配、供等分支构成，共9篇，合成1卷。其中新增的篇有其他能源发电和工业与民用建筑供电。

4. 应用部分 由工业、交通、科研、医疗以及人民生活等领域中常用的和某些新兴的用电设备组成，共11篇，分为2卷，其中新增的篇有激光、电子束、离子束装置与加速器，电力牵引，电在水运、公路及民航中的应用与静电技术和电的其他应用等。

5. 自动化与通信部分 由多种自动控制系统和计算机应用及通信组成，共7篇，合成1卷。其中新增的篇有数控技术与加工自动化、计算机集成制造系统、计算机应用和电气通信等。

三、编排与查阅

手册内容涉及众多专业，卷帙浩繁，彼此之间又相互渗透，纵横交错。为了便于读者查阅，本手册按专业分篇，并归类合订成卷。各篇内分有章、节、条、款诸层次。在编排上各卷设有由目录和索引组成的检索系统与由书内参见和参考文献组成的参见系统。

1. 在检索系统方面，各卷印有全书的卷目和篇目以及各自的篇、章、节（两级）四个层次目录，可鸟瞰全书和卷、篇的层次结构与内容间的内在联系。目录还附有英文对照。各卷末列有主题词索引，按汉语拼音顺序排列，它可将分布在不同篇章的相关内容联系起来，便于读者检索相关内容。

2. 在参见系统方面，书内参见是针对不同篇、章所写相同内容经协调后确定的，其作用是使不同篇、章所写的内容能保持相互衔接、呼应或相互补充，减少重复。参考文献分推荐性和来源性两类。前者是向读者推荐有参考价值的文献资料，为读者的深入研究提供线索，它是综合性手册内容的延伸。后者又称引文注，注于相应页的页末或相应图表的下方。它的作用是向读者交待资料来源，便于读者对照参考。

3. 本手册中多数篇、章设有概论（或概述）以勾划内容的概貌。一般能较好地反映该专业的内涵、规律、共性与内外联系，有助于全面了解各专业的概况。读者可以把概论作为涉足较生疏的知识领域的向导。

4. 本手册各篇之间以及篇内各章、节之间存在着一定的联系，起着相辅相成的作用。譬如，电工设备卷各篇分别以概括各自的基本原理、结构、性能、设计制造和应用及其关键问题等方面的基本知识为主，一般不再作过细、过深的延伸。如需纵向更深层次的或横向面上更广的知识，则须查阅有关卷的相应篇。如涉及工程计算引用的数学、材料和元器件的性能、测试方法等，则可查阅基础卷的相应篇；涉及到自动控制方面的内容，可查阅自动化与通信卷的相应篇；涉及到电工设备与电力网的关系方面，可查阅电力系统卷的相应篇；涉及到各种应用方面的内容，可查阅应用卷的相关篇。读者把从不同篇章所查获的知识加以综合分析，则可能获得比较全面而且深入的认识。

四、其他

1. 全书所用名词术语以全国自然科学名词审定委员会公布的自然科学名词和有关国家标准或行业标准规定的专业技术术语为准。尚无标准规定的，采用各学科和专业习惯使用的名词术语，并力求全书及各卷统一。

2. 全书有关量、单位和符号以 GB 3100～3102—93《量和单位》和《中华人民共和国法定计量单位》为准，个别领域同时列出了法定和非法定计量单位，或给出了两者的换算关系，以方便对照和使用。

3. 全书中涉及的标准均为国家或行业的现行标准，其中，电气图用图形符号、电工技术中项目代号和方字符号以及电气制图分别以国家标准 GB 4728—84、85《电气图用图形符号》、GB 5094—85《电气技术中的项目代号》、GB 7159—87《电气技术中文字符号制订通则》和 GB 6988—86《电气制图》为准。对于个别有必要的标准还给出其与旧标准的对照。

4. 编者的署名采用单位和个人相结合的方式。各篇的主编单位、编写单位和主编、编写人、主审均按篇置于相应篇的前面。编写单位和编写人均按其编写内容的先后排序。

本手册已和广大读者见面了。但从总体编排和一些具体问题的处理上仍有许多不尽人意之处，欢迎广大读者批评指正。

目 录

第二版序
第一版序
第二版编辑说明

第1篇 电线电缆

第1章 概 论

1 电线电缆的分类	1-3
2 电线电缆的基本特性	1-3
3 电线电缆的加工制造及其专用设备 ..	1-3
4 电线电缆的发展趋势	1-4

第2章 裸 电 线

1 概述	1-6
2 单线	1-6
2.1 圆单线	1-6
2.2 扁线	1-8
3 绞线	1-8
3.1 绞线的结构计算	1-8
3.2 铝绞线	1-9
3.3 硬铜绞线	1-9
3.4 铝合金绞线	1-10
3.5 铝包钢绞线	1-10
3.6 钢芯铝绞线	1-10
3.7 钢芯铝合金绞线	1-12
3.8 钢芯铝包钢绞线	1-12
3.9 铝合金芯铝绞线	1-12
3.10 软铜绞线	1-12
4 特种导线	1-13
4.1 扩径导线	1-13
4.2 压缩型导线	1-13
4.3 自阻尼导线	1-13
4.4 防冰雪导线	1-14
4.5 倍容量导线	1-14
4.6 光纤复合架空地线	1-14
4.7 钢芯软铝绞线	1-14

4.8 铜编织导线	1-14
5 型线	1-15
5.1 铜接触线	1-15
5.2 钢铝接触线	1-15
5.3 铝合金接触线	1-16
5.4 铜、铝母线	1-16
5.5 异形铜排	1-17
5.6 空心铜导线	1-17
5.7 铜带	1-17
6 架空导线的主要性能参数及有关 计算	1-17
6.1 导线强度	1-17
6.2 应力-应变特性	1-18
6.3 弹性模量	1-18
6.4 线胀系数	1-19
6.5 疲劳极限	1-19
6.6 蠕变值	1-19
6.7 单位重量	1-19
6.8 交、直流电阻	1-20
6.9 载流量	1-21
6.10 瞬时电流容量	1-21
6.11 电晕	1-21
7 架空导线的选用及维护注意事项	1-22
7.1 导线的选用	1-22
7.2 安装及维护注意事项	1-22

第3章 绕 组 线

1 概述	1-22
2 漆包线	1-23
2.1 漆包线的品种、规格、特点和用途	1-23
2.2 漆包线的性能	1-28

4·3	电缆短时过负载流量	1-58
4·4	电缆的允许短路电流	1-58
5	电缆附件的品种、结构和性能	1-59
5·1	终端	1-59
5·2	连接盒	1-63
5·3	供油箱	1-66
5·4	电缆护层保护器	1-66
6	电缆附件的绝缘设计	1-66
6·1	普通连接盒和绝缘连接盒的内绝缘设计	1-66
6·2	塞止连接盒的内绝缘设计	1-67
6·3	户外式终端的内、外绝缘设计	1-67
6·4	封闭式终端内绝缘设计	1-69
7	电力电缆的选用、安装和维护	1-70
7·1	最大允许敷设位差	1-70
7·2	电缆外护层的选择	1-71
7·3	电缆的最小弯曲半径	1-72
7·4	电缆敷设时的环境温度	1-73
7·5	单芯电缆护层的接地及其感应电压	1-73
7·6	充油电缆线路的需油量及供油长度	1-73
7·7	水底电缆的敷设	1-73
7·8	高落差电缆的敷设	1-73
7·9	电缆终端及连接盒的安装	1-74
7·10	电缆的竣工试验及预防性试验	1-74
8	电缆线路的故障和检测	1-74
8·1	电缆线路故障的一般原因	1-74
8·2	电缆故障的分类和检测	1-75
8·3	充油电缆线路漏油点的检测	1-77

1	概 述	1-45
2	电力电缆品种、结构和性能	1-46
2·1	电力电缆品种	1-46
2·2	粘性浸渍纸绝缘电缆	1-47
2·3	塑料绝缘电缆	1-48
2·4	橡皮绝缘电缆	1-50
2·5	自容式充油电缆和钢管充油电缆	1-51
2·6	直流电缆	1-52
2·7	压缩气体绝缘电缆	1-53
2·8	低温电缆	1-53
2·9	超导电缆	1-53
3	电缆的绝缘性能和力学性能	1-53
3·1	油浸纸电缆的绝缘特性	1-53
3·2	交联聚乙烯电缆绝缘特性	1-54
3·3	直流电缆的绝缘特性	1-56
3·4	压缩气体绝缘电缆的绝缘特性	1-56
3·5	电缆绝缘的寿命	1-56
3·6	电缆的热机械特性	1-57
4	电缆的载流量计算	1-57
4·1	电缆长期允许载流量	1-57
4·2	电缆周期负载载流量	1-58

1	概述	1-77
1.1	用途和分类	1-77
1.2	电线电缆用主要材料	1-77
1.3	基本结构	1-79
1.4	型号的说明	1-81
2	固定敷设配电电线电缆	1-81
2.1	品种系列、结构和性能	1-81
2.2	使用要点	1-82
2.3	超薄型电缆的发展	1-82
3	通用供电软电线电缆	1-82
3.1	品种系列、结构和性能	1-82
3.2	使用要点	1-83

4	信号、控制电缆	1-83
4·1	品种系列、结构和性能	1-83
4·2	使用要点	1-84
4·3	特种信号、控制电缆	1-84
5	仪器、设备连接线	1-84
5·1	品种系列、结构和性能	1-84
5·2	使用要点	1-85
6	电机绕组引接软电缆和软线	1-85
6·1	品种系列、结构和性能	1-85
6·2	使用要点	1-85
7	公路车辆用电线电缆	1-85
7·1	品种系列、结构和性能	1-85
7·2	使用要点	1-86
8	铁路机车车辆用电线电缆	1-86
8·1	品种系列、结构和性能	1-86
8·2	使用要点	1-86
9	船用电力电缆	1-87
9·1	品种系列、结构和性能	1-87
9·2	使用要点	1-87
10	航空、航天用电线电缆	1-87
10·1	品种系列、结构和性能	1-87
10·2	使用要点	1-88
11	石油测井和开采用电缆	1-89
11·1	品种系列、结构和性能	1-89
11·2	使用要点	1-89
12	矿用电缆	1-89
12·1	品种系列、结构和性能	1-89
12·2	使用要点	1-90
13	直流高压软电缆	1-90
13·1	品种系列、结构和性能	1-90
13·2	使用要点	1-91
14	加热电缆	1-91
14·1	品种系列、结构和性能	1-91
14·2	使用要点	1-91
15	补偿导线	1-91
16	特种电缆	1-92
 第 6 章 通信电缆和通信光缆		
1	概述	1-93
2	通信电缆	1-93
2·1	通信电缆的分类和适用范围	1-93
2·2	通信电缆的基本结构	1-93
2·3	通信电缆的品种和主要电气性能	1-95
2·4	通信电缆的选用和敷设	1-102
3	通信光缆	1-102
3·1	光纤概述	1-102
3·2	光纤的分类	1-103
3·3	光纤的制造	1-104
3·4	光纤的特性	1-106
3·5	光缆的结构	1-107
3·6	光缆的分类	1-109
3·7	光缆的主要品种和用途	1-110
3·8	光缆的光学及传输特性	1-111
3·9	光缆的力学性能	1-112
3·10	光缆的环境性能	1-112
3·11	光缆的接续	1-113
3·12	光缆的试验	1-113
参考文献		1-115

第 2 篇 变压器、互感器、调压器、电抗器

第 1 章 电力变压器

第 1 章 电力变压器		2·5 运行效率	2-7
		2·6 三绕组变压器	2-7
1 概述	2-3	2·7 自耦变压器	2-8
1·1 用途和分类	2-3	3 结构	2-9
1·2 技术条件	2-4	3·1 铁心	2-9
2 运行原理	2-4	3·2 绕组	2-11
2·1 空载特性	2-4	3·3 绝缘结构	2-15
2·2 阻抗特性	2-5	3·4 冷却装置和温升标准	2-17
2·3 短路电流	2-6	3·5 分接开关	2-20
2·4 电压调整率	2-7	3·6 储油柜	2-23

3.7 压力释放阀	2-23
3.8 气体继电器	2-23
3.9 三相变压器绕组联结方法	2-24
4 变压器试验	2-24
4.1 绕组直流电阻测量	2-25
4.2 电压比测量和相角位移检验	2-25
4.3 短路阻抗和负载损耗测量	2-26
4.4 空载损耗和空载电流测量	2-26
4.5 绝缘耐压试验	2-27
4.6 有载分接开关试验	2-31
4.7 温升试验	2-31
4.8 三相变压器零序阻抗测量	2-32
4.9 变压器承受短路能力的验证方法	2-33
4.10 变压器的空载噪声测定	2-34
4.11 空载电流谐波分量测量	2-34
5 运输、验收、贮存、安装和试运行	2-34
5.1 运输	2-34
5.2 验收检查	2-35
5.3 贮存保管	2-36
5.4 现场安装	2-36
5.5 交接验收	2-40
5.6 试运行	2-40
6 运行与维护	2-41
6.1 过载运行	2-41
6.2 并联运行	2-42
6.3 监测运行状态	2-42

第2章 特种变压器

1 干式变压器	2-43
1.1 用途和特点	2-43
1.2 结构特征	2-44
1.3 试验	2-44
1.4 使用维护	2-44
2 变流(整流、换流)变压器	2-44
2.1 主要技术参数和技术要求	2-45
2.2 结构特征	2-47
2.3 平衡电抗器	2-48
2.4 换流变压器	2-50
3 电炉变压器	2-50
3.1 用途和特点	2-50
3.2 结构特征	2-52

3.3 计算要点	2-54
4 高压试验变压器	2-56
4.1 用途和特点	2-56
4.2 主要技术要求	2-56
4.3 结构型式	2-57
4.4 计算要点	2-57
4.5 试验变压器的串级	2-58
4.6 成套高压试验设备	2-59
4.7 串联谐振高压试验装置	2-60
5 矿用变压器	2-60
5.1 矿用一般型变压器	2-60
5.2 矿用隔爆型干式变压器	2-60
5.3 矿用隔爆型移动变电站	2-61
6 牵引变压器	2-61
6.1 牵引变电所供电变压器	2-61
6.2 机车牵引变压器	2-62
7 其他特种变压器	2-63
7.1 船用变压器	2-63
7.2 中频变压器	2-63
7.3 接地变压器	2-63

第3章 互感器

1 概述	2-63
2 电压互感器	2-64
2.1 原理和基本性能特点	2-64
2.2 结构特点	2-69
2.3 设计要点和基本计算公式	2-71
2.4 试验	2-73
2.5 电压互感器选用	2-73
2.6 安装、使用与维护	2-73
3 电流互感器	2-74
3.1 原理和基本性能特点	2-74
3.2 结构特点	2-80
3.3 设计要点和基本计算公式	2-81
3.4 试验	2-82
3.5 电流互感器选用	2-82
3.6 安装、使用与维护	2-83
4 特种互感器	2-83
4.1 剩余电流互感器	2-83
4.2 直流互感器	2-84
4.3 组合式互感器和计量箱	2-85

第4章 调 压 器

1 接触调压器	2-88
1.1 工作原理	2-88
1.2 结构	2-88
1.3 漏抗与补偿绕组	2-89
1.4 电刷组并联与平衡电抗器	2-89
1.5 电刷与匝电压、电刷接触面电流 密度	2-90
1.6 电刷与二次侧的输出方式	2-90
2 感应调压器	2-91
2.1 工作原理	2-91
2.2 结构特点	2-92
2.3 常用联结法	2-92
2.4 计算要点	2-93
3 磁性调压器	2-95
3.1 结构与工作原理	2-95
3.2 调压特性	2-96
3.3 计算要点	2-96
4 移圈调压器	2-97
4.1 结构与工作原理	2-97
4.2 励磁磁动势及磁通分布	2-97
4.3 空载调压特性和短路阻抗电压特性	2-98
5 感应自动调压器	2-98
5.1 工作原理	2-98
5.2 主回路	2-98
5.3 控制回路	2-99
6 接触自动调压器	2-100
6.1 工作原理	2-100
6.2 主回路	2-101
6.3 控制回路	2-102
7 净化稳压器	2-102
7.1 系统工作原理	2-102
7.2 主回路	2-103
7.3 抗干扰系统	2-103

7.4 稳压控制系统	2-103
8 调压器与自动调压器的选用、运行和 维护	2-103
8.1 调压器的选用	2-103
8.2 自动调压器的选用	2-104
8.3 调压器的安装、运行和维护	2-104

第5章 电 抗 器

1 概述	2-106
1.1 空心式电抗器	2-106
1.2 铁心式电抗器	2-106
1.3 饱和式电抗器	2-107
2 限流电抗器	2-107
3 并联电抗器	2-108
4 消弧线圈	2-109
5 直流控制的饱和电抗器与自饱和电 抗器	2-109
5.1 饱和电抗器	2-110
5.2 自饱和电抗器	2-112
6 其他用途电抗器	2-112
6.1 阻尼电抗器	2-112
6.2 起动电抗器	2-113
6.3 电弧炉装置中的串联电抗器	2-113
6.4 静止无功补偿装置中的相控电抗器	2-113
6.5 三相均衡用电抗器	2-113
6.6 平波电抗器	2-114
6.7 滤波电抗器	2-114
6.8 阻波器	2-114
6.9 中性点接地电抗器	2-114
6.10 静止补偿用自饱和电抗器	2-114
7 电抗器的设计计算	2-115
7.1 空心限流电抗器的设计计算	2-115
7.2 铁心电抗器的设计计算	2-117
7.3 直流控制自饱和电抗器的设计计算	2-118
参考文献	2-119

第3篇 高压开关设备

常用符号表

第1章 概 论

- 1 高压开关设备的功能、用途及分类 ... 3-5
- 2 高压开关的基本构成及其结构 3-7
- 3 技术发展 3-9

第2章 高压开关设备通论

- 1 高压开关设备的温升 3-9
 - 1.1 高压开关设备的发热计算 3-10
 - 1.2 电接触联结与接触电阻 3-11
 - 1.3 高压开关设备的散热计算 3-13
 - 1.4 高压开关设备零部件温升的计算 3-15
 - 1.5 长期工作时导体中电流密度的选择 3-15
 - 1.6 短时通过短路电流的发热——高压开关设备的热稳定性 3-15
- 2 电流的电动力效应 3-16
 - 2.1 电流电动力的计算 3-16
 - 2.2 触头上的电动力 3-17
 - 2.3 短路时载流导体所承受的电动力 3-17
 - 2.4 高压开关设备的电动稳定性 3-19
- 3 电弧及其熄灭 3-19
 - 3.1 气体电弧现象 3-19
 - 3.2 气体电弧的温度及电流密度沿弧柱横截面的分布 3-20
 - 3.3 直流气体电弧的燃烧与熄灭 3-20
 - 3.4 交流气体电弧的燃烧与熄灭 3-21
 - 3.5 交流电弧的熄灭方法 3-22
 - 3.6 电弧在油中燃烧与熄灭 3-22
 - 3.7 电弧在六氟化硫 (SF_6) 气体及压缩空气
中的燃烧和熄灭 3-23
 - 3.8 电弧在真空中的燃烧和熄灭 3-24
 - 3.9 交流高压开关中的其他灭弧方法 3-25
- 4 高压交流电路的关合与开断 3-26
 - 4.1 短路的关合与开断 3-27
 - 4.2 开合容性电流 3-29
 - 4.3 开断小电感电流 3-30
 - 4.4 开合负载电流 3-30
 - 4.5 断路器断口上并联电阻改善关合开断

性能 3-30

- 5 绝缘与绝缘结构 3-31
 - 5.1 绝缘分类与特点 3-31
 - 5.2 绝缘尺寸的计算 3-31
 - 5.3 绝缘结构中的一些常见问题 3-32
- 6 传动及运动特性 3-33
 - 6.1 传动系统的主要功能、要求和类型 3-33
 - 6.2 机械传动 3-33
 - 6.3 高压开关分合闸速度及其计算 3-37
 - 6.4 液压传动 3-37
 - 6.5 压缩空气传动 3-38
 - 6.6 缓冲与缓冲装置 3-38

第3章 断 路 器

- 1 概述 3-40
 - 1.1 分类 3-40
 - 1.2 断路器的发展趋向 3-42
- 2 六氟化硫 (SF_6) 断路器 3-43
 - 2.1 特点及分类 3-43
 - 2.2 典型结构 3-43
 - 2.3 设计要求 3-45
 - 2.4 使用与维护 3-47
- 3 真空断路器 3-49
 - 3.1 特点与分类 3-49
 - 3.2 真空断路器的结构 3-49
 - 3.3 真空灭弧室 3-52
 - 3.4 真空断路器设计要点 3-57
 - 3.5 使用与维护 3-58
 - 3.6 使用寿命 3-59
 - 3.7 维护与检查 3-59
 - 3.8 操作过电压及其抑制 3-59
- 4 油断路器 3-60
 - 4.1 分类及其特点 3-60
 - 4.2 灭弧装置及灭弧特性的主要影响因素 3-61
 - 4.3 设计要点 3-62
 - 4.4 安装、运行与检修 3-63
- 5 压缩空气断路器 3-64
 - 5.1 简述 3-64