

电气检修高级工培训教材

发电厂变电所电气设备检修

(上册)

广西电力工业局高级工培训教材编委会 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

电气检修高级工培训教材

发电厂变电所电气设备检修

(中册)

广西电力工业局高级工培训教材编委会 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

电气检修高级工培训教材

发电厂变电所电气设备检修

(下册)

广西电力工业局高级工培训教材编委会 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

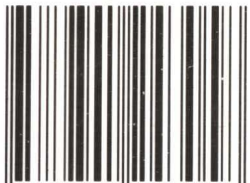
TM62

3-3

责任编辑 李丽艳

封面设计 王鹏

ISBN 7-80124-305-6



9 787801 243058 >

ISBN 7-80124-305-6/TM·41

定价: 115.00元 (上 中 下)

电气检修高级工培训教材

发电厂变电所电气设备检修

广西电力工业局高级工培训教材编委会 编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书为电气检修高级工培训教材,全书共分上、中、下三册。上册主要包括:电气检修高级工应用数学、电工基础知识在专业技术上的应用,电子技术基础及其在专业技术中的应用,电子计算机基础,电力系统概述,检修简论,电气设备检修的组织与管理;中册主要包括:大型发电机的检修,异步电动机的检修,大型变压器检修,高压断路器检修,电力电缆的检修,电力电容器检修,避雷器检修,静电除尘器的维护与检修;下册主要包括:直流系统检修与调试,继电保护装置的检验,电力系统自动装置。

本书可作为发电厂、变电所的电气设备检修高级工的培训教材,也可作为工矿企业的检修工人培训和自学提高的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

发电厂变电所电气设备检修/广西电力工业局高级工培训教材编委会编.
—北京:中国水利水电出版社,1998
电气检修高级工培训教材
ISBN 7-80124-305-6

I. 发… II. 广… III. ①电厂电气系统-检修-技术培训-教材②变电所-电气系统-检修-技术培训-教材 IV. TM62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 00894 号

书 名	电气检修高级工培训教材 发电厂变电所电气设备检修
作 者	广西电力工业局高级工培训教材编委会 编
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京密云红光照排厂
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 73 印张 1720 千字 3 插页
版 次	1998 年 11 月第一版 1998 年 11 月北京第一次印刷
印 数	0001—5150 册
定 价	115.00 元 (上、中、下共三册)

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

广西电力工业局 高级工培训教材

编 委 会 名 单

主 任 肖久生

副 主 任 卓乐昆 彭国樑 明世琼 何基稳

委 员 (以姓氏笔画为序)

于志坚 文海云 肖久生 冯大千 吴 军
李如虎 李汝明 何基稳 卓乐昆 罗淑华
唐能敏 游国权

主 编 于志坚

副 主 编 文海云 李汝明 唐能敏

主 审 冯大千 卓乐昆

编写人员 (以撰写的章节为序)

于志坚 文海云 梁贵华 唐能敏 谭学英
彭福承 姚正湘 张先勤 陈志高 谢日彬
张建中 何志武 刘 辉 尹立群 李汝明
郭志坚 王亚忠 王淑明 李明贵 周仕友
朱志勇 张昭南 龙 东 陶先文

序

教材是保证培训质量，提高教学效果的前提。职工教育的专业技术培训的教材建设是电力企业贯彻《中国教育改革与发展纲要》，提高企业职工队伍文化、专业技术素质，直接为电力生产服务的一项重要基础工作。随着经济体制改革和劳动培训制度改革的深化以及人们认识水平的不断提高，企业生产人员培训领域的思想价值观念、培训方法和手段也发生了深刻变化，为了适应电力工业迅速发展对生产人员技术培训的需要，进一步加强教材建设已是当前一项重要而紧迫的任务。近年来，广西电力工业正大步跨入大机组、大电网、高参数、高电压、高度自动化的行列，迫切需要造就一支与之相适应的职工技术队伍。为此，我们也曾试办过电力生产检修方面的高级工培训班，由于到目前为止还没有统一的或正式出版的电气检修高级工培训教材，只能结合实际，自选现有的大中专、技工教材和中级工教材组织教学。这一探索和实践虽然取得了一些成绩，但培训质量和教学效果都不容易达到要求，主要是组织教学费时多、难度大，学员难学，培训教材的结构、内容以及专业知识的深度和广度随意性较大，造成衡量高级工培训结果的标准尺度不一。为了积极稳妥地开展高级工培训，必须尽快地摆脱缺乏教材的困扰。

基于上述认识，我们于1992年成立了由有关领导、专家组成的高级工培训教材编委会，首先围绕着编写发变电电气运行和电气检修高级工岗位（工种）培训教材的有关课题开展广泛的调查研究，制定培训教材大纲，并精心挑选在电力生产检修第一线 and 电力成人教育第一线工作多年的高级工程师、高级讲师为教材的正副主编，选聘了20多位富有运行、检修、管理、教学经验的高级专业技术人员执笔编写，组织广西电力系统知名专家进行审核，再由出版部门校订出版。在1994年出版了《电气运行高级工培训教材》一套四册之后，又用了2年的时间编写了这套《电气检修高级工培训教材》，共三册。

本教材遵循了国务院批转的《国家教委关于改革和发展成人教育的决定》，原能源部《关于加强电力系统高级技工培训工作的意见》等文件规定的指导思想，从电力系统的实际出发，以《发变电电气检修人员岗位规范》以及电力生产安全技术规程、规范提出的目标要求为依据，并借鉴了部委托华北电管局编制发行的《电力技工应知应会培训考工指南》和青岛出版社出版的《电力工人技术培训与考工试题丛书》，以及高级工培训工作所积累的经验，对教材体系的确立、教材结构、内容以及专业知识的深度和广度的确定，立足当前，注重现代电力发展，尽量反映新设备、新技术水平。本书所编写内容力求体现针对性、实用性、科学性、先进性的教材特色。同时，注意到与中级工教材之间的相互衔接和配合，使

之浑然一体。因此，本教材比较适应电力系统发变电电气检修高级工岗位人员培训的需要，它不仅适用于电力系统，而且也适用于各工矿企业电气设备检修的生产人员和中、初级技术人员自学和工作参考。

鉴于我们对高级工培训教材编写有关问题研究不够，及对高级技工培训工作经验还很不成熟，本教材疏漏之处在所难免，诚望同行专家和广大读者批评指正，以便再版时改正，使其日臻完善。

副 局 长
广西电力工业局 教委主任 肖久生
教授级高工

1997 年 12 月 1 日于南宁

前 言

为了高级工培训教学的需要,我局组织了局属各单位 20 多名高级工程师、高级讲师,根据中华人民共和国原能源部 1991 年颁布的《电力工人技术等级标准》中电机检修、变压器检修、变电检修、直流设备检修、继电保护等主要高级工种的应知应会要求,结合他们自身的实践和培训教学的经验,精心编写了这套教材。

这套教材具有以下几个特点:

1. 选编内容体现了高电压、大容量、新装置、新材料、新技术、新工艺的特点,因此具有先进性;

2. 编写方法上既突出了以高、大、新典型设备为主,又兼顾到中小型设备检修的基本要求,因此具有广泛性;

3. 编写中认真贯彻理论联系实际,形成专业基础知识为专业理论服务,专业理论为检修技能服务,因此具有实用性;

4. 在编写技巧上,既做到内容广泛、全面,基本满足发电厂、变电所电气设备检修高级工的应知、应会的要求,而且文字简练、通俗易懂,因此具有精简性。

这套教材共分三册出版,其中上册属于基本理论知识,是各检修工种高级工应知的内容,它包括电工数学、电工、电子基础、计算机基本知识、电力系统基本知识、检修简论以及检修的组织管理。中册将一次设备的专业理论和检修技术融为一体,是电机检修、变压器检修、变电检修高级工应知应会的必要内容,它包括发电机、电动机、变压器、高压断路器、电力电缆、电力电容器、避雷器以及火电厂静电除尘器的结构、工作原理、检修的工艺过程和质量要求。下册属于二次部分,包括直流系统、继电保护装置、自动装置的检修与调试,是直流设备检修工、继电保护工必备的知识。

虽然在编写这套教材时,主要是针对电力系统发电厂、变电所的电气设备检修高级工的,但由于在编写中也兼顾到其它系统电气检修的一般要求,故也可作为工矿企业的检修工人培训、自学提高的参考书。

在编写这套教材过程中,得到了广西电力工业局及所属单位的领导的大力支持和关心,在此表示衷心感谢。由于编者理论水平有限,实践经验不足,书中缺点错误在所难免,敬请有关专家及广大读者批评指正。

广 西 电 力 工 业 局

高级工培训教材编委会

1997 年 10 月于南宁

目 录

序 前 言

上 册

第一章 电气检修高级工应用数学	2
第一节 三角函数及其在电工技术中的应用	2
第二节 向量和复数及其在电工技术中的应用	14
第三节 微积分学的基础知识及其在电工技术中的应用	28
第四节 级数及其在电工技术中的应用	58
第五节 概率的基本知识及其在电工技术中的应用	67
第二章 电工基础知识在专业技术上的应用	80
第一节 复杂电路的计算及其在专业技术上的应用	80
第二节 简单磁路的基本理论及其在专业技术中的应用	102
第三节 交流电路的基本理论及其在专业技术中的应用	115
第四节 对称分量法及其在专业技术中的应用	134
第五节 简单交流电路的暂态过程及其在专业技术中的应用	150
第三章 电子技术基础及其在专业技术中的应用	162
第一节 交流放大电路及其应用	162
第二节 直流放大器及其应用	177
第三节 集成运算放大器及其应用	186
第四节 逻辑电路及其应用	203
第四章 电子计算机基础	227
第一节 计算机基本知识	227
第二节 磁盘操作系统	230
第三节 汉字输入方法	235
第四节 WPS 字处理系统	243
第五节 汉字数据库管理入门	257
第六节 上机练习程序	274
第五章 电力系统概述	285
第一节 电力系统的组成	285

第二节	电力系统中性点的运行方式	297
第三节	电力系统短路	304
第四节	电力系统过电压	316
第五节	电力系统稳定运行	323
第六章	检修简论	333
第一节	电力工业的可靠性管理	333
第二节	设备的故障及其寿命	339
第三节	检修的意义及原则	346
第七章	电气设备检修的组织与管理	354
第一节	安全管理	354
第二节	设备缺陷检查、分析和判断	359
第三节	检修计划的编制	364
第四节	检修前的准备工作	365
第五节	检修工作的实施	365
第六节	检修质量的检验及移交	366

中 册

第八章	大型发电机的检修	371
第一节	大型汽轮发电机的结构	371
第二节	大型水轮发电机的结构	391
第三节	大型汽轮发电机本体的检修	409
第四节	励磁机的检修	432
第五节	汽轮发电机的水、氢、油系统的检修	434
第六节	水轮发电机转子的检修	446
第七节	发电机的试验	450
第九章	异步电动机的检修	459
第一节	概述	459
第二节	异步电动机的机械部分	461
第三节	绕组及其绝缘	470
第四节	异步电动机故障及其检修	486
第五节	高压电动机检修特点	497
第六节	异步电动机定子绕组重绕、改压和改极的简单计算	507
第七节	电动机控制、联锁及保护	522
第八节	异步电动机的试验	531
第十章	大型变压器检修	535
第一节	大型变压器的结构	535
第二节	变压器吊罩	573

第三节	大型变压器的绕组	585
第四节	变压器干燥	593
第五节	变压器油	600
第六节	互感器	606
第七节	其它变压器类设备	618
第八节	变压器检修后的试验	625
第十一章	高压断路器检修	633
第一节	SW6— ¹¹⁰ / ₂₂₀ 型少油断路器	633
第二节	SF ₆ 断路器	643
第三节	真空断路器	654
第四节	液压操动机构	660
第五节	弹簧操动机构	680
第十二章	电力电缆的检修	697
第一节	概述	697
第二节	电力电缆的选择与敷设	702
第三节	电力电缆的运行与维护	713
第四节	电力电缆故障分类及测寻方法	720
第五节	电力电缆接头的制作	734
第六节	电力电缆的试验	747
第十三章	电力电容器的检修	757
第一节	概述	757
第二节	并联电容装置	761
第三节	并联电容器无功补偿成套装置	770
第四节	高压电容器组的保护与控制	779
第五节	并联电容补偿成套装置的安装与运行维护	787
第六节	高压并联电容补偿装置的试验和检修	793
第十四章	避雷器的检修	799
第一节	概述	799
第二节	阀型避雷器的结构	801
第三节	金属氧化物避雷器的结构	811
第四节	避雷器的通流试验和大电流冲击试验以及动作负载试验	817
第五节	避雷器在运行中的预防性试验	822
第六节	普通阀型避雷器的解体检修	828
第十五章	静电除尘器的维护与检修	831
第一节	概述	831
第二节	高压硅整流设备主电路	838

第三节	高压硅整流设备自动控制回路	843
第四节	静电除尘器低压控制系统	850
第五节	电除尘器常见故障原因及其处理方法	859
第六节	静电除尘器的检修	870
第七节	静电除尘器的调试	877
第八节	静电除尘器的验收	881

下 册

第十六章	直流系统检修与调试	887
第一节	直流系统及故障处理	887
第二节	蓄电池的检修	889
第三节	可控硅整流充电装置	899
第十七章	继电保护装置的检修	911
第一节	概述	911
第二节	LCD 型差动继电器	913
第三节	LZ— $\frac{16}{24}$ 型阻抗继电器	923
第四节	负序电流电压继电器	934
第五节	发电机定子转子接地保护继电器	947
第六节	发电机低励磁与失磁保护继电器	964
第七节	JL—11D 型晶体管零序电流方向保护装置	982
第八节	JGX—11D 型晶体管高频相差动保护装置	992
第九节	JGB—11D 型高频闭锁保护装置	1013
第十节	JNW—2 型逆变稳压电源的调试	1025
第十一节	高频通道	1028
第十二节	微机保护	1052
第十三节	继电保护装置及二次回路的验收和移交	1089
第十八章	电力系统自动装置检修与调试	1093
第一节	概述	1093
第二节	大型发电机组的励磁装置	1094
第三节	同期装置	1113
第四节	其它自动装置	1141
第五节	控制回路	1148
第六节	中央信号回路	1152
第七节	自动装置检修后的试验和移交	1155

电气检修高级工培训教材

发电厂变电所电气设备检修

上 册

广西电力工业局高级工培训教材编委会 编

第一章 电气检修高级工应用数学

根据部颁工人技术标准要求,电气检修高级工对电工的基础理论不仅要有定性的理解,而且还要进行初步的定量分析计算,故在中级工学过的数学知识的基础上,再补充一些初等数学在电工技术中的应用知识,适当介绍一些高等数学和工程数学知识。

第一节 三角函数及其在电工技术中的应用

一、三角函数的基本概念

本节内容在中级工培训时已经学过,但该节内容对电气类高级工来说更为重要。为了使学员能够熟练地掌握这些内容,有必要再对以下一些知识进行简要复习。

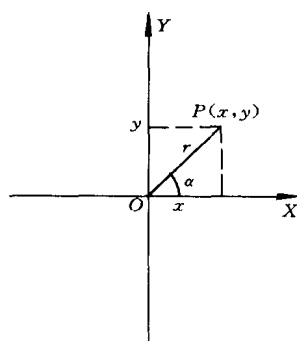


图 1-1

1. 三角函数的定义

在直角坐标系中,以原点 O 为圆心, $r=1$ 为半径作一单位圆。设 OP 为 α 角的终边, P 点的横坐标为 x , 纵坐标为 y , 记为 $P(x, y)$ 。如图 1-1 所示, 则角 α 的正弦、余弦、正切、余切等三角函数的定义如下:

$$\alpha \text{ 角的正弦 } \sin \alpha = \frac{y}{r} = y \quad \alpha \text{ 角的正切 } \operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x}$$

$$\alpha \text{ 角的余弦 } \cos \alpha = \frac{x}{r} = x \quad \alpha \text{ 角的余切 } \operatorname{ctg} \alpha = \frac{x}{y}$$

上述定义中, α 角为任意角, 即可以为 0, 也可以是任何正角或负角, 任意角可用下式表示:

$$\alpha = 2k\pi \pm \beta (\text{单位为弧度})$$

$$\text{或} \quad \alpha = 2k \times 180^\circ \pm \beta (\text{单位为度})$$

2. 三角函数的表示法

在代数中, 我们学过函数的三种表示法, 即解析法、图表法和图形法。三角函数也可以用这三种方法表示。

(1) 解析表示法

$$y = \sin x \quad y = \cos x \quad y = \operatorname{tg} x \quad y = \operatorname{ctg} x \quad (1-1)$$

此处 y 表示三角函数的函数值, x 表示三角函数的自变量 (即此处不要把 y 、 x 看成是角 α 终边 P 点的直角坐标)。

(2) 图表表示法。 $y = \sin x$ 的图表表示法如表 1-1:

表 1-1

	单位为度	0°	60°	90°	120°	180°	240°	270°	300°	360°	...
x	单位为弧度	0	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2\pi}{3}$	π	$\frac{4\pi}{3}$	$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{5\pi}{3}$	2π	...
y	单位为实数	0	0.87	1	0.87	0	-0.87	-1	-0.87	0	...

其他三角函数亦可用此法列成表格表示。

(3) 图形表示法。三角函数的图形（也叫图象）可用两种方法作出。

1) 描点法。此法就是将图表法的各个对应点作为直角坐标，画在平面坐标系上，然后将各点用平滑曲线连接起来，这就是三角函数的图象，图 1-2 就表示 $y = \sin x$ 的图象。

2) 几何作图法。图 1-2 也可用几何作图法作出，如图 1-3 所示。

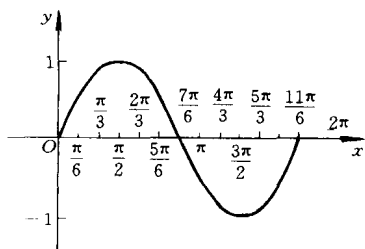


图 1-2

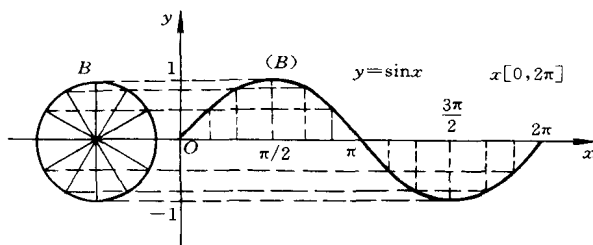


图 1-3

该图的作图方法如下：

从单位圆的右半圆与 Ox 轴的交点起，把单位圆分成 12 等分，再从原点起在 Ox 轴上取 12 个等分点，然后过单位圆的各等分点，分别作 Ox 的平行线。过 Ox 轴的各等分点作垂线与对应平行线相交。这些交点的纵坐标就是对应角的正弦函数值。把这些点用曲线光滑连接起来，就得到 $y = \sin x$ 在区间 $[0, 2\pi]$ 上的图象。

现将正弦、余弦、正切、余切的图象示于图 1-4 中，以便学员认识比较。

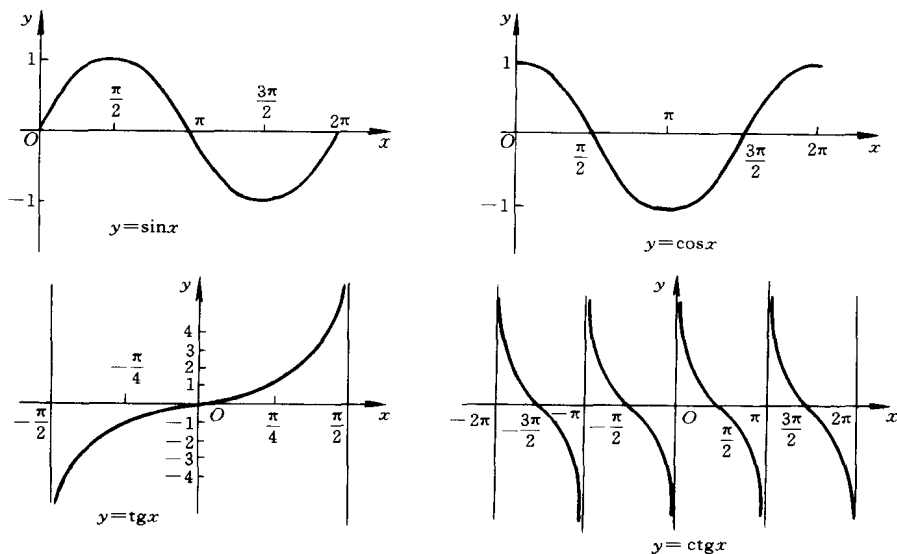


图 1-4

3. 三角函数的性质

要想很好地利用一种工具，必须了解这种工具的性质。三角函数是分析和解决电工技术许多问题的重要工具，为了更好地利用这种工具，也必须熟悉三角函数的性质。