

电工安全技术 考核培训教材

江苏省电力工业局 江苏省劳动局 编
江苏省电机工程学会 南通市电机工程学会

水利电力出版社

内 容 提 要

本书结合我国电力工业发展的实际情况,以安全理论、专业技术和安全措施等三方面,介绍了电工作业人员在独立顶岗时,为保证安全生产,应了解和掌握的基本安全技术要求。

全书共三篇,第一篇为电工基础知识,内容有电工基础理论知识、电气图的阅读、常用仪表和测量;第二篇为电气设备的运行维护和故障分析,内容有电力系统和用户自发电、电力设备和用电设备的运行维护和故障分析、电气安全保护装置;第三篇为电气安全技术和管理工作,内容有电气事故和触电急救、变配电设备的运行管理、电气工作安全措施及用电管理常识等。

本书内容密切结合生产实践,符合国家现行规程、规范的要求,内容由浅入深,文字通俗易懂,适用于作各地劳动部门和电业部门对电工进行安全技术年审考核时的培训教材,也可作为具有初中文化程度的二、三级电工的自学教材;另外,还可供从事电气工作的工程技术人员、安全工作管理人员参考。

电工安全技术考核培训教材

江苏省电力工业局
江苏省劳动局
江苏省电机工程学会 编
南通市电机工程学会

*

水利电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号)
各地新华书店经售
新华印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 16.375印张 359千字 插页1

1988年12月第一版 1988年12月北京第一次印刷

印数000001~100000册 定价5.90元

ISBN 7-120-00518-9/TM·159

前 言

前段时期,我国没有统一的《电工作业人员安全技术考核标准》,各地劳动部门和电力部门对各行业电工的安全管理工作和安全技术考核要求掌握的尺度不一,电工作业人员的安全技术知识普遍较差。工作中因安全技术措施不当、考核管理不严、有章不循、思想麻痹而导致的电气事故不断发生,严重地危及了人身和电气设备的安全。据部分省、市近几年统计,因缺乏电气安全知识而造成的触电死亡事故占86%。

为此,国家劳动人事部和水利电力部制定了《电工作业人员安全技术考核标准》,以加强电工作业人员的安全技术培训和安全技术考核工作,做到考核上岗、持证作业,提高电工的安全技术素质。

江苏省电力工业局、江苏省劳动局、江苏省电机工程学会、南通市电机工程学会,根据我省多年来对广大电力用户电工进行安全技术培训和电工年审考核所积累的经验,按照水利电力部近年来新颁布的有关电气安全技术规程、规范和劳动人事部组织编定的《电工作业人员安全技术考核标准》的要求,组织编写了《电工安全技术考核培训教材》一书。

全书共分十一章。其中,王德编写了第一、六章及第五章的第四、六节;徐卫东编写了第三、四、八章及第五章的第二节、第十一章的第四节;朱良编写了第九、十、十一章;其余章节由陈云发编写。

陈云发担任本书主编。全书由江苏省电力局章德慎 注

闻涛高级工程师主审，由冯文秀、易企衡、刘时中、伍捷增、武奇、涂东升、孙孝等负责审稿。

本书在编写过程中，得到了南通供电局、南通市劳动局等单位的大力支持，在此一并表示感谢。

由于我们第一次编写《电工安全技术考核培训教材》，技术水平有限，疏漏甚至错误之处难免，恳请广大读者批评指正。

江苏省电力工业局

江苏省劳动局

江苏省电机工程学会

南通市电机工程学会

一九八八年四月

目 录

第一篇 电工基础知识

第一章 电工基础理论知识	1
第一节 直流电路	1
一、电路	1
二、基本物理量	1
三、欧姆定律	5
四、电路的连接	6
五、电功和电功率	9
六、电流的热效应、短路	11
第二节 电磁和电磁感应	11
一、磁的基本知识	11
二、电流的磁效应、磁场对通电导体的作用	12
三、电磁感应	14
四、自感、互感和涡流	16
第三节 单相交流电路	20
一、概述	20
二、交流电的基本物理量	21
三、交流电的表示法	24
四、纯电阻电路	25
五、纯电感电路	27
六、纯电容电路	29
第四节 三相交流电路	34

一、三相交流电的产生	35
二、三相电源的连接	36
三、三相负载的连接	38
四、三相电路的功率计算	39
第五节 晶体管整流电路	40
一、晶体二极管的特性	40
二、二极管的主要参数	42
三、晶体二极管的粗测	42
四、整流电路	43
思考题	50
第二章 电工阅图知识	53
第一节 电力系统变配电所一次接线图的阅读	53
第二节 电力系统变配电所二次 接线图的阅读	57
一、变配电所二次回路原理图的阅读	57
二、变配电所二次展开图的阅读	59
三、屏面布置图的阅读	64
四、安装接线图的阅读	64
第三节 工厂电力传动自动控制系统电气原理	
图的阅读	73
一、主电路的阅读步骤	73
二、辅助电路的阅读步骤	76
第四节 工厂电力传动自动控制的电气安装配	
线图的阅读	78
一、电气安装配线图的阅读方法	78
二、电气安装配线图的阅读步骤	79
思考题	82
第三章 常用仪表和测量	84
第一节 电气仪表的基本知识	84

一、型号和标度盘的符号标志	84
二、误差和准确度	87
三、基本要求	88
第二节 电流、电压的测量	89
一、直流电流、电压的测量	89
二、交流电流、电压的测量	91
第三节 功率、功率因数的测量	94
一、三相有功功率和三相无功功率的测量	94
二、功率因数的测量	100
第四节 绝缘电阻的测量	101
第五节 万用表的使用	103
第六节 电度计量	106
一、感应式电度表的基本原理	106
二、电度表的倍率及计算	107
三、电度计量方法	109
四、电度表的安装要求	123
思考题	124

第二篇 电气设备的运行维护和故障分析

第四章 电力系统和用户自发电	125
第一节 电力系统	125
一、特点、组成及其基本要求	125
二、电力系统中性点的运行方式	129
三、电力系统的稳定概念	133
四、电力网的经济运行	13 ³
五、供配电系统接线	134
第二节 用户的自发电与网络的连接	138
第三节 备用电源自动投入装置	139

一、高压进线的备用电源自动投入原理	14 ⁰
二、低压进线的备用电源自动投入原理	143
思考题	143
第五章 电力设备的运行维护和故障分析	145
第一节 电力变压器	145
一、铭牌和额定技术数据	145
二、变压器的运行	152
三、变压器运行中的检查和维护	158
四、变压器异常运行和常见故障分析	160
第二节 互感器	163
一、电压互感器	163
二、电流互感器	171
第三节 高压电气设备和配电装置的运行和故障分析	178
一、配电装置的基本要求	178
二、高压断路器及其操作机构的运行和事故处理	183
三、高压负荷开关的维护运行	187
四、高压隔离开关的维护运行	189
五、高压熔断器的维护运行	192
六、成套配电装置的运行维护	195
第四节 低压电气设备和配电屏	197
一、常用低压电器	197
二、低压配电屏	222
第五节 配电线路的运行和维护	228
一、概述	228
二、电力线路的允许负荷和经济指标	232
三、架空线路和电缆线路的运行和维护	236
四、电力线路的故障及预防措施	238

第六节 内线装置	241
一、导线	241
二、接户线、进户线	243
三、室内配线	251
四、内线的运行维护	264
思考题	265
第六章 用电设备的运行维护和故障分析	269
第一节 三相交流异步电动机及其控制线路	269
一、概述	269
二、电动机的检查与故障处理	274
三、电动机的运行维护	283
四、电动机常见故障与原因	288
五、直接起动	292
六、降压起动	299
第二节 照明设备	303
一、照明的种类	303
二、常用的照明设备	304
三、灯具的选择	307
四、照明灯的安装要求	310
五、照明设备的运行维护及故障检修	314
第三节 其它用电设备的电气安全要求	317
一、起重机	317
二、电焊机	319
三、电热设备	322
四、直流电化学设备	324
五、常用家用电器	326
思考题	328
第七章 电气安全保护装置	331

第一节 工厂企业高、低压配电线路的保护装置	331
一、熔断器保护的选择和配合	332
二、配电线路的反时限过电流保护	334
三、配电线路定时限过流保护	336
四、6~10千伏线路继电保护的整定	338
五、低压配电线路的保护	341
第二节 工厂企业电力变压器的继电保护	344
一、交流操作的变压器继电保护	346
二、直流操作的变压器继电保护	349
三、变压器差动保护的原理	350
四、变压器保护的整定计算	351
五、变压器保护动作后的检查和处理	351
六、继电保护装置的运行维护	354
第三节 高压电动机的保护	355
一、高压电动机的电流速断及过负荷保护	355
二、高压电动机的失压保护	357
三、低压三相异步电动机的断相保护	353
第四节 补偿电力电容器的选择、装设、保护 及运行维护	362
一、概述	362
二、并联电力电容器的选择	364
三、并联电力电容器的接线和装设位置	367
四、并联电力电容器的安全放电设备	370
五、并联电力电容器的保护	373
六、并联电力电容器的运行维护	375
第五节 绝缘监察	377
一、小电流接地系统的绝缘监察装置	377
二、低压电网的绝缘监察	390

三、高压窜入低压的防护	380
四、直流系统的绝缘监察	382
五、查找直流接地的步骤和注意事项	383
第六节 漏电保护装置	384
一、漏电保护装置的原理	384
二、JD型漏电继电器及实用接线	386
三、JC和DZ型漏电开关	387
四、漏电保护装置的安装要求	387
五、漏电保护装置不正常时的处理	392
第七节 防雷保护	394
一、变电所的直击雷保护	394
二、变电所 3 ~ 10 千伏配电装置的防雷保护	398
三、防雷装置的引下线和独立接地装置	403
第八节 接地接零	404
一、基本概念	404
二、接地的作用和应接地接零的设备	405
三、对零线装置的要求	407
四、接地装置的安装和对接地电阻的要求	409
五、接地电阻的要求和测量	411
六、接地装置的运行检查	414
七、降低接地电阻的措施	414
第九节 静电和电磁场的安全防护	415
一、静电的安全防护	415
二、电磁场的防护	418
思考题	421

第三篇 电气安全技术和管 理

第八章 电气事故与触电急救	425
第一节 电气事故的种类与危害性	425

第二节 电流对人体的伤害	426
一、触电事故的种类	426
二、与触电伤害程度有关的因素	427
第三节 安全电压	430
一、人体允许电流	431
二、人体电阻	431
三、安全电压	432
第四节 触电急救	432
思考题	437
第九章 变配电设备的运行管理	439
第一节 变(配)电所的倒闸操作	439
一、概述	439
二、常见的倒闸操作	440
三、不用操作票的各项操作	443
第二节 变(配)电所的事故处理	444
一、消除事故的一般要求	444
二、突然断电时的处理	445
三、配电线路故障跳闸时	445
四、母线总断路器及主变压器故障跳闸时	445
五、误操作时	446
六、单相接地故障的查找	446
七、电气设备着火时的处理(详见第十章第五节)	448
八、需与供电部门协作处理的事故	448
第三节 运行管理制度	448
一、运行制度	449
二、技术管理	454
三、电气设备交接试验与验收	455
思考题	456

第十章 电气工作安全措施	45 ⁷
第一节 保证安全的组织措施	457
一、工作票制度	458
二、工作许可制度	460
三、工作监护制度	461
四、工作间断、转移和终结制度	462
第二节 保证安全的技术措施	462
一、停电	463
二、验电	464
三、装设接地线	465
四、悬挂标示牌和装设遮栏	467
第三节 电气安全用具	469
一、分类和作用	469
二、使用与保养	470
第四节 低压电气工作的安全措施	471
一、在低压电气设备上工作的安全措施	471
二、在低压线路上带电工作的安全措施	472
三、移动式电器具的安全使用	472
第五节 电气装置的防火、灭火与防爆	473
一、线路的火灾危险和防火措施	473
二、常用电气设备火灾危险和防火措施	474
三、电气火灾扑救常识	481
思考题	483
第十一章 用电管理常识	485
第一节 用电手续	485
第二节 计划用电和节约用电	488
一、计划用电	488
二、节约用电	489

第三节 违章用电与窃电	490
一、违章用电和对违章用电的处理	490
二、窃电行为和对窃电行为的处理	491
思考题	491
附 录	492
附表 I—1 一次接线图中常用设备的图形符号表	492
附表 I—2 二次原理图中常用设备的图形符号表	494
附表 I—3 二次展开图中常用设备的图形符号表	495
附表 I—4 一次接线图中常用设备的文字符号表	497
附表 I—5 二次接线图中常用设备的文字符号表	498
附表 I—6 各种小母线回路的字母代号表	500
附表 I—7 电力系统图上的回路标号	500
附表 II—1 导线允许负荷及负荷矩表	501
附表 II—2 低压线路铝导线负荷矩表 (380/220伏三相系统 $\cos\varphi=1$) (千瓦·米)	503
附表 II—3 环境温度变化时载流量校正系数表	504
附表 III—1 倒闸操作票	504
附表 III—2 第一种工作票	505
附表 III—3 第二种工作票	507
附表 III—4 标示牌式样	508
附表 III—5 常用电气绝缘工具试验一览表	509
附表 III—6 登高安全工具试验标准表	510

第一篇 电工基础知识

第一章 电工基础理论知识

第一节 直流电路

一、电路

电路就是电流通过的路径。它由电源、负载、连接导线和开关等组成。图1-1所示为最简单的电路。负载、连接导线和开关称为外电路，电源内部的一段电路称内电路。

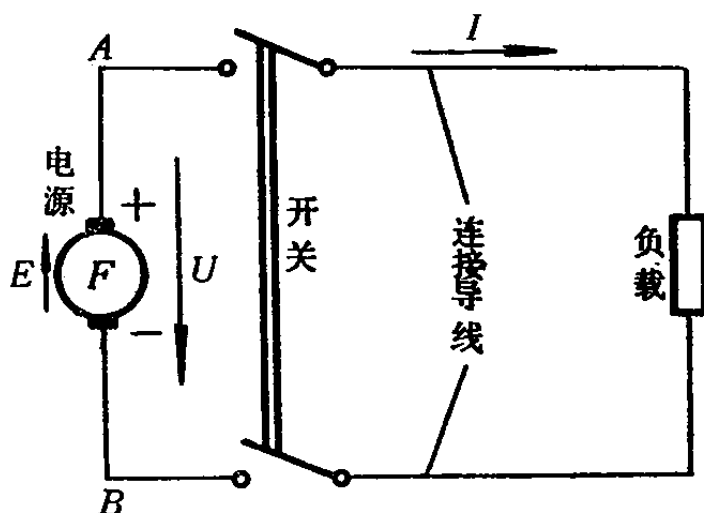


图 1-1 最简单的电路

当开关闭合时，电路中有电流通过，负载就可以工作，叫做接通电路，即合闸。当开关断开时，电路中没有电流通过，负载停止工作，谓之断路，即分闸。

二、基本物理量

1. 电流

电荷有规则的运动就形成电流。

习惯上规定：正电荷运动的方向为电流的正方向。

电流是单位时间内通过导体截面的电荷量，用符号 I 表

示，即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中 Q ——通过导体截面的电荷量（库）。

t ——通过电荷量为 Q 的时间（秒）。

电荷量的单位名称为库[仑]●，单位符号为 C ，单位中文符号为库。

电流的单位名称为安[培]，单位符号为 A ，单位中文符号为安。计量微量电流时用毫安（ mA ）和微安（ μA ），计量强电流时用千安（ kA ），它们之间的关系是

$$1 \text{ 毫安} = \frac{1}{1000} \text{ 安} = 10^{-3} \text{ 安}$$

$$1 \text{ 微安} = \frac{1}{1000000} \text{ 安} = 10^{-6} \text{ 安}$$

$$1 \text{ 千安} = 1000 \text{ 安} = 10^3 \text{ 安}$$

直流电流的大小和方向都不随时间变化，用大写字母 I 表示。

电流的大小用电流表来测量，测量时将电流表串联在被测的电路中，如图1-2所示。

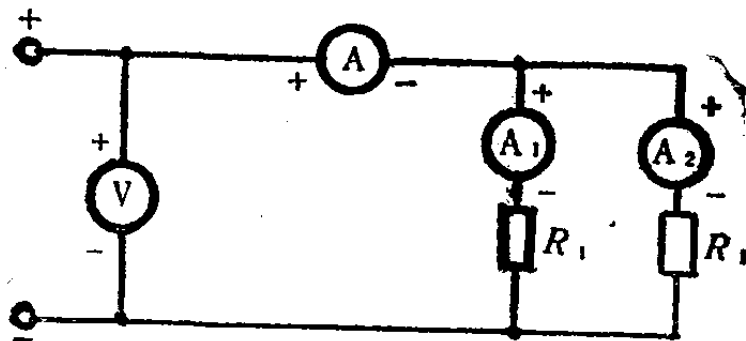


图 1-2 电流表、电压表的接线

①单位名称中方括号内的字，在不致引起混淆、误解的情况下，可以省略。去掉方括号内的字即为其简称。无方括号的单位名称，简称与全称同。下

2. 电位、电压

电路某点上所具有的能量称为该点的电位能。电位能与该电荷的比值称为该点的电位。电位是相对的，某点电位数值的大小与参考点（零电位点）的选择有关。工程上常取大地为参考点，将它的电位定为零；电子线路中，常选某一公共线作为参考点，这条线常称“地线”。

电位差习惯上称为电压。电压的正方向规定为由高电位指向低电位，即电位降低的方向，又称电压降，用符号“ U ”表示。电位差与零电位的选择无关。

电动势仅限用于电源。电源电动势是电源供给的能量被它输送的电荷量除，用符号 E 表示。其正方向在电源内部是由负极指向正极，即电位升高的方向。电源电动势和电源的开路电压，两者的定义不同，说两者相等仅是它们的量值相等。

电位、电压、电动势的单位名称都是伏[特]，单位符号为 V ，单位中文符号为伏。高电压用千伏（ kV ）表示，低电压用毫伏（ mV ）表示。它们的关系是

$$1 \text{ 千伏} = 1000 \text{ 伏}$$

$$1 \text{ 伏} = 1000 \text{ 毫伏}$$

电动势和电压可用电压表来测量。测量时，将电压表并接在被测的电路中，如图1-2所示。

3. 电阻

导体的自由电子在作有规则的定向运动时要与导体中作热运动的其它带电质点（电子，正、负离子）发生碰撞，因而阻碍了自由电子的运动、导体对于所通过的电流呈现的阻力称为电阻。电阻用符号 R 或 r 表示。

电阻的单位名称是欧[姆]，单位符号为 Ω 单位中文符号