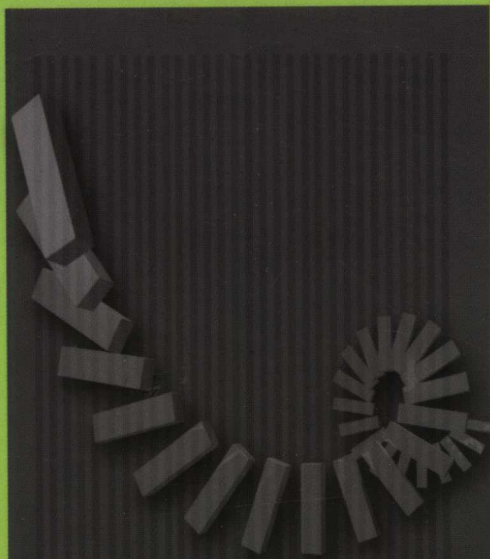


供用电工人职业技能培训教材

配电线路

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编
李天友 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

供用电工人职业技能培训教材

配电线路

中国电机工程学会城市供电专业委员会管理体制和技能培训专家工作组 组编

李天友 主编 陈效杰 主审



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本教材是《供用电工人职业技能培训教材》之一。本教材是依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·配电线路工》和《职业技能鉴定指导书·配电线路》的要求,针对我国现代配电线路的特点和性质,结合目前国内配电线路工的现状和生产实际进行编写的。

本教材共9章,主要内容包括:配电线路工的基本知识、配电网的基本知识、配电线路的设计与施工、配电带电作业、配电线路的运行与检修、配电变压器、常用配电装置、过电压与防雷、起重作业等。全面介绍了配电线路的施工、检修、运行维护的方法、步骤等知识与基本技能。

本教材可作为各级配电线路工的技能培训教材及现场生产技能培训用书,可供从事配电线路施工、运行和检修的人员在工作中使用,也可作为有关专业院校的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

配电线路/李天友主编;中国电机工程学会城市供电专业委员会组编. —北京:中国电力出版社,2006
供用电工人职业技能培训教材
ISBN 7-5083-3715-8

I. 配... II. ①李... ②中... III. 配电线路-技术培训-教材 IV. TM726

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第133393号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006年3月第一版 2006年3月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 12.75印张 336千字
印数0001—4000册 定价24.00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)

《供用电工人职业技能培训教材》

编 委 会

主任委员：宗 健 曾德君 廖泽龙

副主任委员：朱良镛 秦继承 陈金玉 孙秉正

肖 兰

委 员：（按姓氏笔画排序）

王 炜 付迎栓 刘忠浦 李天友

李兆华 李海星 徐景国 曹文华

黄奇峰 鲁 鹏

前 言

为配合供用电工人职业技能鉴定培训的需要，中国电机工程学会城市供电专委会管理体制和技能培训专家组和中国电力出版社组织编写了《供用电工人职业技能培训教材》。本套培训教材共 14 本，包括线路运行与检修专业 5 个工种，变电运行与检修专业 10 个工种，营业用电专业 5 个工种。《带电检修》一书包括“变电线路带电检修”。电能表修理工和电能表校验工合为《电能表修校》。总体涵盖了供用电职业的主要知识内容。

1. 本套教材的编写指导思想。1999 年，劳动和社会保障部正式颁发施行电力行业《国家职业技能鉴定规范》（以下简称《规范》）。《规范》对职业培训从内容和要求上都有较大的改革。本套教材的编写指导思想就是按照《规范》和配套复习题与题解（14 本）中对供用电职业技能鉴定培训的要求，以《规范》体现出的新的培训内容和新的模式体系为指导，以实际生产中成熟的规程、制度为依据，按《职业技能鉴定指导书》（以下简称《指导书》）中“职业技能培训”的要求编写。

2. 本套教材的编写要求。教材紧扣《指导书》中“职业技能培训大纲”来编写。体现模块技能培训法（MES）的基本模式，采用职业功能分析和职业工作分析相结合的理论方法，密切结合生产实际，突出实际操作技能，以本职业技能为主线，以实际操作步骤为序，理论知识为提高技能服务，确定模块—学习单元的教学文件体系。教材力求体现实用性、先进性，吸收新知识，介绍新技术、新工艺、新设备，符合现代电力工业的生产要求。

以技能培训大纲中的“职业技能模块”（MU）设章及章序。也可根据生产实际及培训的可操作性的需要，对模块进行调整章节并调整章序。要将相关专业理论知识和工作标准融入技能要求

的模块中。以培训大纲中的“学习单元”(LE)设节及节序。每节前要讲清本节的“学习目标”，应包括操作步骤、注意事项(含工作态度、安全环境等)、工作实例、相关知识等。

以培训大纲的“学习内容”分列的点作为培训的重点内容叙述，完整系统地涵盖了《指导书》中对各等级工的培训相应要求，不再明确分割各等级的培训内容。各章后对本章的重点内容适应等级予以提示。

3. 各本教材的编写人员。为了保证本套教材的编写质量，根据中国电机工程学会城市供电专委会管理体制和技能培训专家组的推荐，由各编写单位挑选了有丰富实践经验的一线生活人员直接参加编写。编写单位给予了大力度的支持，编写提纲和初稿均由编写单位组织审定，又经全国性的专家审稿会审议，最后每本书均配合有丰富实践经验的专家作为主审，并组成了每本书的编写人员，从而保证了本书稿的技术质量和本套教材的权威性。

4. 本教材是《配电线路》分册。主要内容包括配电线路工的基本知识、配电网络的基本知识、配电线路的设计与施工、配电带电作业、配电线路的运行与检修、配电变压器、常用配电装置、过电压与防雷、起重作业等。全面介绍了配电线路的施工、检修、运行维护的方法、步骤等知识与基本技能。每章末有对本章内容的教学提示，指出了不同级别配电线路工所相应学习的内容。

5. 本教材第一章由王树庭、陈石川工程师负责编写，第二章由曾成发、林秋金高工负责编写，第三章由陈石川工程师负责编写，第四章由李天友高工负责编写，第五章由林秋金高工、王树庭工程师负责编写，第六章有陈琪琅工程师负责编写，第七章由林秋金高工编写，第八、九章由王树庭工程师负责编写。刘民培工程师参与了第一章及第五章的部分编写工作。

本书由福建省泉州电业局李天友高级工程师担任主编，上海市区供电局退休的教授级高工陈效杰主审。泉州电业局曾成发高工、林秋金高工、陈石川工程师参加了全书的统稿与审阅。在编

写过程中，朱良镞、陈效杰等同志给予了大力指导并提出一些宝贵意见，在此表示衷心的感谢！

6. 本套教材的读者对象。除作为供用电专业有关工种的培训使用外，还可供其他相关人员学习参考。

本书在编写过程中得到中国电机工程学会城市供电专委会与各级组织的领导、各编者所在单位、各主审所在单位的大力支持和热诚帮助，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在错误或不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2005年8月

目 录

前言

第一章 配电线路工的基本知识	1
第一节 基本任务及职业要求	1
第二节 配电学基础知识	3
第三节 常用工器具	20
第四节 基本技能	40
第五节 紧急救护法	57
第二章 配电网络的基本知识	72
第一节 配电网络的组成	72
第二节 架空配电线路基本知识	77
第三节 中性点接地方式	96
第四节 电能质量	101
第五节 线损管理	107
第三章 配电线路的设计与施工	111
第一节 架空配电线路的设计	111
第二节 架空配电线路的测量	131
第三节 架空配电线路的施工	143
第四章 配电带电作业	182
第一节 带电作业基本知识	182
第二节 作业器具与管理	190
第三节 绝缘斗臂车	196
第四节 作业项目及操作要领	198

第五节	配电带电作业技术的发展	204
第五章	配电线路的运行与检修	206
第一节	架空配电线路的运行维护	206
第二节	架空配电线路的检修	216
第三节	架空配电线路常见的故障及其预防	227
第四节	电力电缆的运行维护	230
第五节	倒闸操作	245
第六节	配电技术档案管理	247
第六章	配电变压器	251
第一节	变压器的基本知识	251
第二节	配电变压器的安装	262
第三节	变压器的运行与维护	265
第七章	常用配电装置	281
第一节	户外开关	281
第二节	柱上隔离开关	288
第三节	高压跌落式熔断器	291
第四节	低压开关、刀闸	296
第五节	无功补偿装置	301
第六节	其他配电装置	308
第八章	过电压与防雷	315
第一节	常见过电压及其危害	315
第二节	避雷器	323
第三节	配电网的防雷保护	332
第四节	接地与接地装置	335
第九章	起重作业	352
第一节	起重器具	352

第二节	起重的基本操作	373
第三节	配电施工中常用的起重作业	377
附录	现场心肺复苏法	388

第一章 配电线路工的基本知识

第一节 基本任务及职业要求

一、配电线路工的基本任务

配电线路工的基本任务是负责架空配电线路的架设、运行与检修,监视配电网的线路及其设备的运行状况,定期进行设备巡视与维护,及时发现和消除设备的缺陷,处理配电网运行中发生的故障,保障配电网的稳定、可靠、经济运行。

二、职业与能力特征要求

配电线路工应了解电力网络的基础知识,掌握架空配电线路的组成及相关的基础知识,熟悉各种电气设备的性能与使用方法,熟练掌握架空配电线路及其设备的工艺标准与施工方法,掌握配电线路及其设备巡视维护的项目与方法,熟悉电业安全作业的有关规程,能处理配电网各种事故和故障。

具备领会理解和应用技术文件、产品说明书、操作导则的能力,具有图形表现方法的识图与绘图等基本能力,懂得配电网基本参数的运用与数学计算。

能适应劳动强度大的室外登高作业,能利用眼看、耳听分析判断配电网中运行设备的异常情况,掌握常用工器具的使用方法,具备线路工的个人基本技能,具有集体施工作业的素质与能力,懂得起重作业的基础知识。

三、职业道德

供电企业是事关国计民生的公用的基础性服务行业,电力供应关系到经济发展、社会稳定和人民群众生活的需要,配电网直接联系着各行各业和千家万户。因此,必须坚持“人民电业为人

民”的服务宗旨，忠心履行供电企业应承担的义务和责任，满腔热情地为社会、为客户服务，坚持“客户至上”的价值观念，认真执行供电规范化标准和文明服务行为规范。

坚决贯彻“安全第一、预防为主”的方针，严格遵守安全作业规程，严格执行电网调度命令，自觉维护电网正常、稳定的运营秩序，保证安全文明生产和电网的安全可靠供电。严格遵守各项规章制度，遵守劳动纪律，认真执行工作标准、岗位规范和操作规程，不发生违章违纪行为，杜绝违章指挥和违章作业。

贯彻落实各项规章制度与规程，严格执行安装工艺标准与操作方法，努力提高施工和检修质量；认真做好设备巡视检查与维护检修工作，准确掌握设备健康水平和运行状况，及时发现并消除缺陷，使设备保持在良好的状态，切实做到“该修必修，修必修好”，快速抢修和排除配电网的故障，确保配电网的安全运行与可靠供电。

热爱本职工作，努力学习业务和科学文化知识，熟练掌握本工种的基本业务、基本技能和规章制度，不断学习和掌握新知识、新技术、新工艺，努力提高实际工作能力，争做技术能手。

大力弘扬集体主义精神和团队精神，树立“下道工序就是用户”的思想，上下工序相互负责、相互把关、团结协作，确保工作的连续性和工作质量。

树立正确的人生观和价值观，遵守职业道德规范，提高供电优质服务水平和行业作风建设水平，积极为客户提供安全、优质、可靠、经济的电能，养成良好的行业服务作风。

四、本工种的发展

配电网是由架空线路、电缆线路、变压器、开关、开关站、配电室组成的统一的整体，点多面广、分布广泛，配电专业又是一个集电力行业中电力系统、过电压与防雷、继电保护、自动化及其通信等于一体综合性、技术性较强的学科。为了适应配电线路施工与生产运行的需要，配电线路工除了应掌握架空配电线路的基本技能要求外，还应了解电缆线路工、变电运行工、配电自动化等基本

技能。随着配电技术的不断发展,配电网路工还应积极学习新技术、新设备、新材料、新工艺,不断提高科技含量与技术水平。

第二节 配电学基础知识

一、直流电路的基本知识

1. 电流

电荷有规则地定向移动称作电流。电流不仅有大小,而且有方向,习惯上规定以正电荷移动的方向为电流的方向。电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面电荷量的多少,常用 I 表示,数学表达式为

$$I = Q/t \quad (1-1)$$

式中 Q ——通过导体横截面的电量, C;

t ——时间, s。

如果在 1s 内通过导体横截面的电量为 1C, 则导体中的电流就是 1A; 除 A 外, 常用的电流单位还有 kA、mA 和 μ A 等。

电流密度是指当电流在导体的截面 (S) 上均匀分布时, 该电流与导体横截面积的比值, 用字母 J 表示, 单位为 A/mm^2 , 其数学表达式为

$$J = I/S \quad (1-2)$$

式中 I ——通过导体的电流, A;

S ——导体横截面积, mm^2 。

2. 电位和电压

电位是指电路中某点与参考点之间的电压。通常把参考点的电位规定为零, 又称零电位。某点 A 的电位用带单下标的字母 U 表示, 如 U_A , 即表示 A 点的电位, 单位为 V。一般选大地为参考点, 即视大地电位为零电位。在电子仪器和设备中又常把金属外壳或电路的公共接点的电位规定为零电位。零电位的符号有两种: “ \perp ” 表示接大地, “ \perp ” 或 “ \perp ” 表示接机壳或公共接点。

电压又称电位差, 是指电场中任意两点之间的电位差值, 它

是衡量电场力做功本领大小的物理量。如图 1-1 所示，在电场中将点电荷 Q 从 A 点移动到 B 点，电场力所做的功为 W_{AB} ，则功 W_{AB} 与电荷 Q 的比值就称为该两点之间的电压，用带双下标的符号 U_{AB} 表示，单位 V。电压和电流一样，不仅有大小，而且有方向，即有正负。对于负载来说，规定电流流进端为电压的正端，电流流出端为电压的负端。电压的方向由正指向负，如图 1-2 所示。

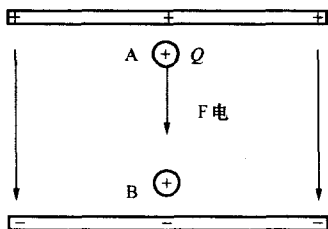


图 1-1 外力克服电场力做功

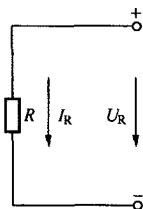


图 1-2 电压的方向

电位具有相对性，随着参考点位置的改变而改变；而电位差具有绝对性，与电路中参考点的位置选取无关。

3. 电阻和电阻率

导体对电流流动的阻碍作用称为电阻，用符号 R 表示；其单位为 Ω 。

导体的电阻是客观存在的，即使没有外加电压，导体仍然有电阻。金属导体电阻 R 的大小与其几何尺寸及材料性质有关

$$R = \rho L / S \quad (1-3)$$

式中 L ——导体的长度，m；

S ——导体的横截面积， mm^2 ；

ρ ——与材料性质有关的物理量，称电阻率（或电阻系数）。电阻率的定义是：在一定温度下长度为 1m、截面为 1mm^2 的导体的电阻值， Ωm 。

4. 欧姆定律

在不包含电源的电路（图 1-3）中，流过导体的电流与这

段导体两端的电压成正比，与导体的电阻成反比，即

$$I = U/R \quad (1-4)$$

式中 I ——导体中的电流，A；
 U ——导体两端的电压，V；
 R ——导体的电阻， Ω 。

欧姆定律揭示了电路中的电流、电压、电阻三者之间的联系，是电路分析的基本定律之一，实际应用非常广泛。

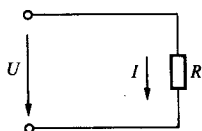


图 1-3 欧姆定律
电路

5. 功和功率

电流流过负载时，负载将电能转换成其他形式的能量（如：磁能、热能、机械能等），这一过程，称之为电流做功，简称电能或电功，用字母 W 表示。根据公式： $I = Q/t$ ， $U = W/Q$ ， $I = U/R$ ，可得到电功的数学表达式

$$W = IUt = I^2Rt = U^2t/R \quad (1-5)$$

式中 U ——加在负载上的电压，V；
 I ——流过负载的电流，A；
 R ——电阻， Ω ；
 t ——时间，s；
 W ——电功，J；
 Q ——电荷，C。

电流在单位时间内所做的功，称为电功率，简称功率，用字母 P 表示，其数学表达式为

$$P = W/t \quad (1-6)$$

式中 W ——电功，J；
 t ——时间，s；
 P ——电功率，W。

由式（1-6）可得到电功率的常见计算公式

$$P = IU = I^2R = U^2/R \quad (1-7)$$

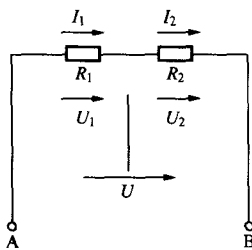


图 1-4 两个电阻串联电路

6. 简单电路

把两个或两个以上电阻依次连接，组成了一条无分支电路，这样的连接方式叫做电阻的串联，如图 1-4 所示。电阻串联具有以下性质：

(1) 串联电路中流过每个电阻的电流都相等，即

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (1-8)$$

(2) 串联电路两端的总电压等于各电阻两端的分电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (1-9)$$

(3) 串联电路的等效电阻（即总电阻）等于各串联电阻值之和，即

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (1-10)$$

两个或两个以上电阻并列接在电路中相同的两点之间，承受同一电压，这样的连接方式叫做电阻的并联，如图 1-5 所示。电阻并联具有以下性质：

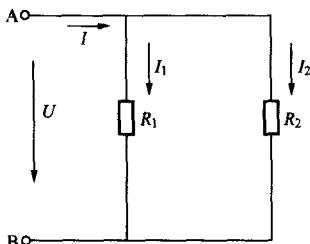


图 1-5 两个电阻并联电路

(1) 并联电路中各电阻两端的电压相等，且等于电路两端的电压，即

$$U_1 = U_2 = \dots = U_n \quad (1-11)$$

(2) 并联电路的总电流等于流过各电阻的电流之和，即

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (1-12)$$

(3) 并联电路的等效电阻（即总电阻 R ）的倒数等于各电阻的倒数之和，即

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \cdots + 1/R_n \quad (1-13)$$

既有电阻串联又有电阻并联的混合电路叫电阻的混联，如图 1-6 所示，混联电路的串联部分具有串联电路的性质，并联部分具有并联电路的性质。混联电路的分析、计算方法和步骤如下：

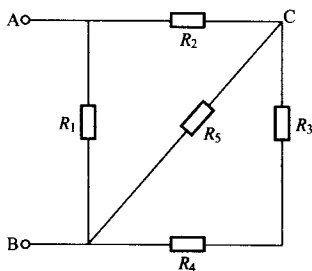


图 1-6 电阻混联电路

分析混联电路时，应把混联电路分解为若干个串联和并联关系的电路，然后在电路中各电阻的连接点上标注不同字母，再根据电阻串、并联的关系逐步化简、计算等效电阻，并作出等效电路图。

二、交流电基本知识

(一) 交流电的定义

交流电指电流的大小和方向都随时间作周期性变化的电流，图 1-7 所示的波形均属于交流电。其中按正弦规律变化的交流电叫正弦交流电，如图 1-7 中第一个图所示。

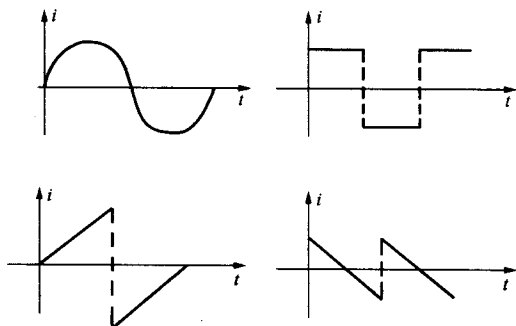


图 1-7 交流电的波形