

供电所技能人员培训教材

皮洪琴 主编



中南大学出版社

供电所技能人员培训教材

配 电 分 册

国网湖南省电力公司技术技能培训中心
长 沙 电 力 职 业 技 术 学 院 编



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

供电所技能人员培训教材/皮洪琴主编.

—长沙:中南大学出版社,2016.6

ISBN 978-7-5487-2311-0

I. 供... II. 皮... III. 电工技术-技术培训-教材

IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 140342 号

供电所技能人员培训教材

GONGDIANSUO JINENG RENYUAN PEIXUN JIAOCAI

皮洪琴 主编

☐责任编辑 谢贵良

☐责任印制 易建国

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 湖南农科院印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 46.25 ☐字数 1145 千字

☐版 次 2016 年 6 月第 1 版 ☐印次 2016 年 6 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-2311-0

☐定 价 100.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

编委会

顾 问 谌家良 郑满光 陈少江 漆铭钧

主 任 皮洪琴

副 主 任 林 盾 卢 忠 谭益明

成 员 吴学斌 王 奕 王红雨

编写人员

主 编 皮洪琴

副 主 编 谭益明 王红雨

参编人员 (按姓氏笔画为序)

王 宇	王 艳	刘跃群	汤大勇	汤 昕	孙 琳
杜宗林	杜晓华	杨 尧	李 音	李晓晨	张成林
张 惺	陈 兵	陈 玲	陈铸华	贺令辉	徐志伟
黄立新	黄晓梅	蒋罗生	谢红灿	魏梅芳	

内容摘要

配电分册是按照国家电网公司“三集五大”体系改革的要求，为提高供电所配电人员岗位技能，结合湖南省供电所实际情况编写而成。

本册共有八个项目，主要包括电工基础认知、配电网络的认知、配电专业图的识读、配电设备的安装及运行维护、架空配电线路的施工、架空配电线路运行与检修、配电网施工与运行维护、计算机常用软件的应用等内容。

本书既可作为供电所配电工作人员的培训教学用书，也可作为从事电力生产一线工作的其他人员和高等学院电力类专业师生的参考用书。

前言

PREFACE

农村电力是与服务“三农”和实现“三新”(新农村、新电力、新服务)发展战略的重要保障,农村供电服务是公司履行“四个服务”和全面社会责任的基本载体,农村供电所是电网企业最基本的单元,是生产管理的“神经末梢”和优质服务的“前沿阵地”。

随着“两个转变”的深入推进,农电安全生产、农网升级、农电管理提升、服务优质等工作的大力推进,特别是加速实现农电专业化、标准化、规范化管理,对农村供电所技能人员提出了更新、更高的要求,全面提升农电管理和服务水平,着力打造一支“业务熟练、行为规范、服务优质、作风过硬”的职业化、专业化农电队伍,已迫在眉睫。

为了更好地服务省公司人才队伍建设,为加快培养高素质农电技能人才队伍,国网湖南省电力公司农电部和技术技能培训中心组织有关专家,通过广泛的调研,在征集了大量农电人员的反馈意见后,编写了该套《供电所技能人员培训教材》,作为全省供电所技能人员学习、培训之用。这套教材的编写,充分考虑湖南省农村供电所技能人员的现状,对接行业标准、对接工作现场,结合岗位工作任务,按照任务驱动模式进行编写。全书既注重供电所技能人员工作的实际需要,也增加了国内一些新技术、新设备、新工艺的应用,非常适合供电所技能人员学习、培训之用。

本教材在编写过程中得到了国网湖南省电力公司人力资源部、农电工作部、营销部和运检部等领导、专家的指导和大力支持,得到了吴易文、毛坚、徐文林、陈湘媛、金小华、曹晶、虞平、叶志、朱佳科、刘定国、龔方亮、黄升、谭宏宇、黄伟、黄桂华、鲍孟雄、刘彪等专家的指导,在此表示衷心的感谢!

由于编写时间仓促,水平和资料有限,教材中难免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2016年4月

目 录

CONTENTS

项目 1 电工基础认知	(1)
任务 1.1 电路及电路模型认知	(1)
任务 1.2 直流电路分析计算	(7)
任务 1.3 磁场与电磁感应的认知	(13)
任务 1.4 正弦量及其相量表示法的认知	(22)
任务 1.5 单相正弦交流电路的分析计算	(29)
任务 1.6 三相交流电路的分析计算	(41)
项目 2 配电网络的认知	(49)
任务 2.1 配电网结构的认知	(49)
任务 2.2 配电网的运行管理	(53)
任务 2.3 配电所主接线的认知	(59)
任务 2.4 配电网的无功补偿	(65)
任务 2.5 配电网的过电压保护	(70)
任务 2.6 配电网的继电保护	(76)
项目 3 配电专业图的识读	(82)
任务 3.1 低压电气图的识读	(82)
任务 3.2 照明施工图的识读	(85)
任务 3.3 动力供电系统图的识读	(88)
任务 3.4 高、低压配电所系统图的识读	(89)
任务 3.5 配电线路路径图的识读	(94)
任务 3.6 杆塔图和线路施工图的识读	(97)
项目 4 配电设备的安装及运行维护	(103)
任务 4.1 配电变压器的安装及运行维护	(103)
任务 4.2 高压电器的安装与运行维护	(124)
任务 4.3 环网柜的安装及运行维护	(152)

任务 4.4	电缆分支箱的安装及运行维护	(157)
任务 4.5	接地装置的安装及运行维护	(166)
任务 4.6	低压开关电器的安装及运行维护	(177)
任务 4.7	低压成套配电装置的安装及运行维护	(183)
任务 4.8	剩余电流动作保护装置的安装及运行维护	(193)
项目 5	架空配电线路的施工	(201)
任务 5.1	施工常用工机具认知	(201)
任务 5.2	电杆基础施工	(209)
任务 5.3	电杆组立	(220)
任务 5.4	导线架设	(228)
任务 5.5	弧垂观测	(239)
任务 5.6	接地装置的施工	(243)
任务 5.7	接户线与进户线安装	(249)
任务 5.8	10 kV 配电线路施工方案的编写	(255)
任务 5.9	10 kV 配电线路竣工验收	(264)
任务 5.10	10 kV 电力客户供电方案的确定	(273)
任务 5.11	低压配电线路的安装	(282)
任务 5.12	低压配电线路工程验收	(288)
项目 6	架空配电线路运行检修	(290)
任务 6.1	配电线路巡视检查及防护	(290)
任务 6.2	配电线路缺陷管理及故障处理	(296)
任务 6.3	配电线路检修	(302)
任务 6.4	配电线路带电作业	(309)
项目 7	配电电缆施工与运行维护	(315)
任务 7.1	配电电缆的认知	(315)
任务 7.2	配电电缆的敷设施工	(324)
任务 7.3	10 kV 电缆头的制作	(335)
任务 7.4	配电电缆线路的运行维护	(342)
项目 8	计算机常用软件的应用	(354)
任务 8.1	办公电脑安全设置和使用	(354)
任务 8.2	Word 及其在供电所的应用	(358)
任务 8.3	Excel 及其在供电所的应用	(361)
任务 8.4	PMS 2.0 基本操作	(366)

项目1 电工基础认知

任务1.1 电路及电路模型认知

1.1.1 【任务简介】

本任务为电路及电路模型的认知。要求能建立常见实际电路元件的电路模型；能运用电路中的基本物理量描述电路中的电磁现象。

1.1.2 【任务目标】

知识目标

- (1) 掌握电路、电路模型、电路中的基本物理量、电路元件的概念。
- (2) 理解上述概念在电路分析计算中的作用。

能力目标

- (1) 能运用理想电路元件，建立常见实际电路元件的电路模型。
- (2) 能运用电路中的基本物理量描述电路中的电磁现象。

1.1.3 【建议课时】

4 课时。

1.1.4 【相关知识】

一、电路及电路模型

许多家用电器产品和电气设备都是由各种各样的基本电路组成的。如：

简单电路——手电筒电路，如图 1.1-1 所示。

复杂电路——电力系统，如图 1.1-2 所示。

1. 电路

由若干电路元件或设备，按一定方式连接起来构成的电流的通路即为电路。电路都是由以下三个部分组成：

(1) 电源。电源的作用是提供电流流通的动力，如电池、发电机等。

(2) 负载。负载的作用是取用电能，使电能发挥光、热等各种效应的设备，如灯泡、电动机、电风扇等。

(3) 中间环节。中间环节起着连接电源和负载即传输、分配和控制电能的作用,如各种开关电器、输电导线、变压器等。

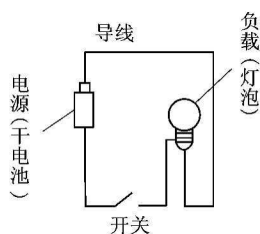


图 1.1-1 手电筒电路

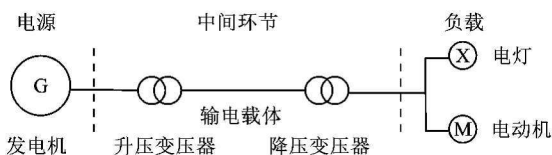


图 1.1-2 电力系统

2. 电路元件

(1) 实际电路元件

构成电路的实际电器元件,在通电时产生的电磁现象并不是单一的。如灯泡通电时,既要发光、发热,也会产生微弱的磁场;线圈通电时要产生磁场,同时线圈也会发热;而电容器通电时,将建立电场,电容器介质也要产生热损耗,等等。

(2) 理想电路元件

综合实际电路元件通电时的电磁性质,可归纳为三种:其一将电能转化为光、热或机械能消耗掉;其二将电能转换为磁场能储存起来;第三将电能转换为电场能储存起来。因此,三种反应上述单一的电磁性质的理想元件为:

(1) 电阻元件。反应元件消耗电能的性质,用 R 表示。

(2) 电感元件。反应元件储存磁场能的性质,用 L 表示。

(3) 电容元件。反应元件储存电场能的性质,用 C 表示。

一个实际的电路元件可根据其通电时的电磁现象的主次用单一的理想元件或理想元件的组合来描述。对灯泡而言,通电时发热是主要的,可用电阻描述;对线圈而言,如果发热可忽略,可用电感描述,否则用电感和电阻的串联表示;对电容器,若介质损耗不可忽略,则用电容元件和电阻的并联表示。

除了以上三种理想电路元件外,还常用恒压源和恒流源与电阻元件的组合来表示实际的电源。如图 1.1-3 为上述理想元件的图形符号。

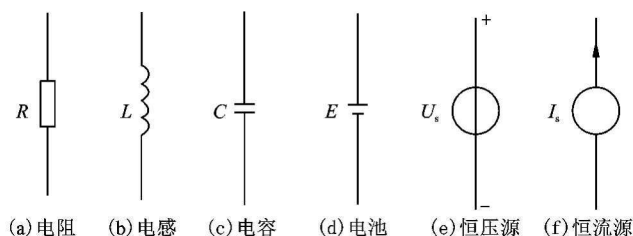


图 1.1-3 理想元件的图形符号

3. 电路模型

将实际的电路元件用理想电路元件或其组合替代,并用规定的图形符号表示的电路就称为实际电路的电路模型。例如建立图 1.1-1 手电筒电路的电路模型,忽略导线的电阻不计,电路模型为图 1.1-4。

电路模型是对原实际电路的科学抽象,必须反映原实际电路的主要电磁性质,为分析方便,可忽略一些次要的电磁性质。本项目讨论的都是电路模型,简称电路。

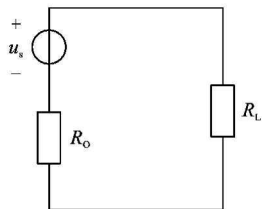


图 1.1-4 手电筒电路的电路模型

二、电路中的基本物理量

1. 电流

电荷的定向运动形成电流。一般把正电荷定向运动的方向作为电流的实际方向。

大小和方向不随时间变化的电流叫直流电流,简称直流,用符号 I 表示。周期性变化且平均值为零的电流称为交变电流,简称交流。电流的单位是安培(简称安),符号为 A。常用的电流单位还有 kA(千安)、mA(毫安)、 μ A(微安)。

2. 电压、电动势及电位

(1) 物理意义

在水压作用下,水会从高处流向低处。同理,可以认为电流是电荷在电气压力作用下定向运动产生的,而这一压力可认为是电压,如图 1.1-5(a) 所示。既然电流是电压产生的,所以,在一个电路中,没有电压就难以产生电流,如图 1.1-5(b) 所示。电压的符号用 U 表示。一般用 U_{ab} 表示电路中 a、b 两点间的电压。

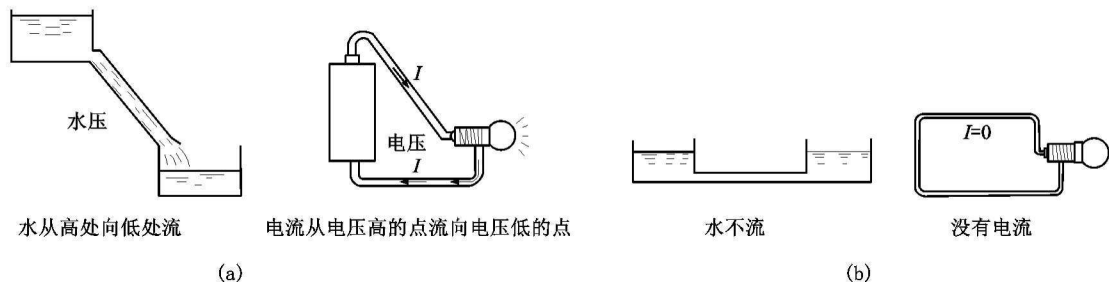


图 1.1-5 电压

要产生持续的水流,必须有水泵(外部动力)克服水压将水打上去形成持续的水压。同样要产生持续的电流必须有持续的电压,图 1.1-6(b) 所示的电池就有持续产生电压的能力,由电池(或电源)建立的电压称为电动势。可见,电动势是对电源而言的,用符号 E 表示。

为了描述电路中两点之间的电压差,确定电流的方向,在电路中设定一个参考基准点,取其为 0 电位,电路中其他各点相对参考基准点的电压就是该点的电位。如图 1.1-7(b) 所示,为以大地为基准点时 a、b、c 各点的电位。基准点又叫参考电位点或零电位点。图中电池电动势为 1.5 V。电位的符号用 φ 表示, φ_a 表示 a 点的电位。电路中某点的电位若高于参

考点, 则电位为正, 反之为负。

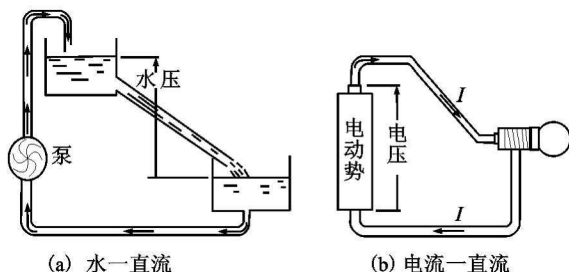


图 1.1-6 电动势

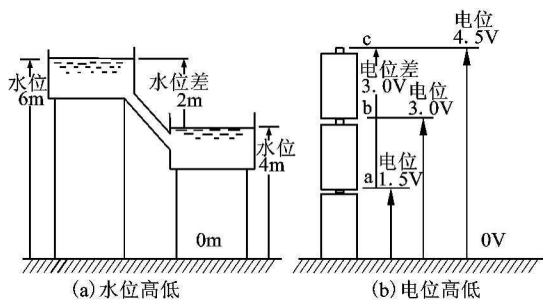


图 1.1-7 电位

(2) 电压与电位的关系

电位的实质为电压, 即电位是相对基准点的电压; 任意两点的电压等于这两点的电位差, 如式(1.1-1)所示

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1.1-1)$$

如果 a 点电位高于 b 点电位, 则 U_{ab} 为正, 反之则为负。如图 1.1-7(b) 所示, 若改变基准点的选择, 如以 a 点为基准点, 那么各点的电位都将随之而变。电路的参考基准电位点改变, 各点电位随之而变, 但各点的电压并不会变。

例 1-1 求图 1.1-5 中以大地为参考点时 a、b 两点的电压 U_{ab} 。若以 a 点为参考点, 计算各点电位及 U_{ab} 。

解: 以大地为参考点时, a、b 两点电位分别为

$$\varphi_a = 1.5 \text{ (V)} \quad \varphi_b = 3 \text{ (V)}$$

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 1.5 - 3 = -1.5 \text{ (V)}$$

以 a 为参考点时, 大地的电位为 $\varphi_d = -1.5 \text{ (V)}$

$$\varphi_a = 0 \quad \varphi_b = 1.5 \text{ (V)}$$

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 0 - 1.5 = -1.5 \text{ (V)}$$

(3) 电压与电动势的关系

电源产生的电压称为电动势, 电动势反映了电源建立外部电压的一种能力。对电源而言, 其电压与电动势的大小是相等的。但是电源外部电路的电流是电压产生的, 所以电压的方向从高电位指向低电位, 而电源内部的电流实际上是电动势产生的, 所以电动势的方向是从低电位指向高电位。可见电压和电动势的方向是相反的。

(4) 单位

电压、电动势、电位的单位都是伏特(简称伏), 用符号 V 表示, 常用的单位还有 kV(千伏)、mV(毫伏)、 μV (微伏)。

3. 电能、电功率

(1) 物理意义

电流流过元件时所做的功, 就是电能。这里的元件既可以是电源, 也可以是负载, 如果是电源就是电源发出的电能, 如果是负载就是负载消耗的电能。电能常用来表示负载的用电量。电能的符号用 W 表示。若元件的电压为 U , 电流为 I , 在 t 时间内元件消耗电能的计算公式

式如式(1.1-2)所示

$$W = UIt \quad (1.1-2)$$

单位时间内电流流过元件做的功,就是元件的电功率,用符号 P 表示。

$$P = \frac{W}{t} \quad (1.1-3)$$

将式(1.1-2)代入(1.1-3)得

$$P = UI \quad (1.1-4)$$

由式(1.1-3)可得

$$W = Pt \quad (1.1-5)$$

(2) 能量守恒原理

在一个与外界没有联系的电路中,电能与电功率均遵守能量守恒原理:所有电源发出的电能或电功率等于所有负载吸收的电能或电功率。

(3) 单位

功率的单位为瓦特(简称瓦),用 W 表示。有时也用 kW (千瓦)、 MW (兆瓦)、 mW (毫瓦)表示。若功率的单位为瓦,时间的单位为秒,则电能的单位为焦耳,用 J 表示,1 焦耳 = 1 瓦特·秒。电能用来表示用电量时,功率用千瓦表示,时间用小时,这时电能的单位为千瓦时,即 $kW \cdot h$,俗称度,所以 1 度电 = 1 千瓦时 = 3600000 焦耳。

4. 电气设备的额定参数

电路元件和设备安全工作时所允许的最大电流、电压和电功率,分别叫做额定电流、额定电压、额定功率。额定参数既反应了安全使用设备允许的电源环境,也反应了设备发挥正常效应时应具备的电源环境。电路元件和设备应工作在额定条件下,例如电灯长时间工作在高于额定电压的状态下,会缩短其使用寿命或烧毁;若低于额定电压,则不能正常发光。额定参数常成为人们选择设备的一个依据。如输电导线横截面积的选择必须使所选导线的额定电流高于可能通过的最大负荷电流。

三、电路元件与实际电路的电路模型

1. 电阻及电阻元件

导体这种对电流的阻碍作用称为电阻。电阻用字母 R 或 r 表示。电阻的单位为欧姆(简称欧),用符号 Ω 表示。有时也用千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)表示。

(1) 导体电阻的影响因素

导体电阻大小决定于导体的尺寸、导体的性质、导体使用的环境温度。在一定温度下,一段均匀导线的电阻可由式(1.1-6)计算

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1.1-6)$$

式中: L 为导线的长度,单位为 m ; S 为导线的横截面积,单位是 mm^2 ; ρ 为导体的电阻率,受导体的性质及温度的影响,单位为 $\Omega \cdot mm^2/m$ 。

例 1-2 求直径为 5 mm、长度为 500 m 的铜线的电阻是多少(铜的电阻率为 $0.0172 mm^2/m \cdot \Omega$)?

解: 铜线的截面积为 $S = \pi (D/2)^2 = 3.14 \times (5/2)^2 = 19.6 (mm^2)$

铜线的电阻为 $R = \rho \frac{L}{S} = 0.0172 \times \frac{500}{19.6} = 0.88 (\Omega)$

(2) 电阻元件

电路模型中的电阻元件描述的是电阻消耗电能的效应。对应于实际电路，只要是在消耗电能，在电路模型中就可以用电阻元件来替代。所以，不仅电灯、电炉可以用电阻元件；输电线路在传输电能时有线损，它的电路模型也必然包含电阻元件；而电动机的机械负载要消耗电能，所以它的电路模型也必然包含电阻元件。

2. 电感与电感元件

导体通电时要产生磁场，实际是在将一部分电能转换为磁场能。这部分磁场能，并没有被消耗掉，只是储存在磁场中，在适当的时候又可以重新转化为电能。这种磁场的强弱会因导体的形状的不同而大有不同，例如在同样条件下线圈所产生的磁场就明显要强于直导线所产生的磁场。电感参数就是描述导体产生磁场、储存磁场能能力的一个参数，用 L 表示。 L 越大，则导体产生磁场越强。 L 的单位为亨利(简称亨)，用字母 H 表示，也常采用毫亨(mH)、微亨(μ H)表示。

(1) 电感 L 所储存的磁场能

电感 L 所储存的磁场能，用 W_L 表示，则

$$W_L = \frac{1}{2} L I^2 \quad (1.1-7)$$

式中： I 为 L 通过的电流，可见 I 上升时， L 所储存的磁场能在增加； I 下降时， L 在释放所储存的能量。所以，在交流电路中，电流是交变的，交流电路中的电感也就在不停地与外部电路进行能量交换，但是并未消耗能量。

(2) 电感参数 L 的影响因素

L 的大小受导体的形状、磁场所走磁路等因素的影响。对线圈而言，线圈截面积越大、匝数越多则 L 越大。磁路的磁导率越大(关于磁导率将在本章任务 1.3 中介绍)，则 L 越大，如铁芯线圈的 L 比空心线圈的就要大。但空心线圈的 L 不受电流影响，一般称为线性电感，而铁芯线圈的 L 会随所通电流的改变而改变，称为非线性电感。

(3) 电感元件

电感元件描述的是导体通电后产生磁场的电磁性质，所以电感元件不一定仅对应于实际电路的线圈。电感储存磁场能的性质使电感元件在电力系统中得到广泛运用。如变压器在原边和副边之间电能的传递，发电机、电动机的定子与转子间的能量转换。所以只要是导体通电，其产生的磁场不可忽略，其模型就必须考虑电感元件，如变压器、发电机、电动机等，对于输电导线在超高压系统要更多地考虑电感的影响，而对于 10 kV 及以下的配电系统，电感的影响较超高压系统影响小一些。

3. 电容及电容元件

两个导体中间用绝缘介质隔开就构成电容器。若在两导体间加上电压，两导体上必然聚集等量的异号电荷，两导体之间就建立了电场，储存了电场能，这正是电容器的本质特征。习惯上将两导体称为电容器的两极，中间的绝缘层称为电容器的介质。为了描述电容器储存电荷的能力，提出了电容参数，电容用字母 C 表示。设电容所加电压为 U ，储存电荷为 Q ，则 $C = \frac{Q}{U}$ 。电容的单位为法拉(简称法)，用字母 F 表示，常用的单位还有微法(μ F)、皮法

(pF)。

(1) 电容 C 所储存的电场能

电容 C 所储存的电场能, 用 W_c 表示, 则

$$W_c = \frac{1}{2}CU^2 \quad (1.1-8)$$

式中: U 为电容两极之间的电压。 U 上升时, C 在充电, 储存的电场能增加; U 下降时, C 放电, 释放所储存的能量。在交流电路中, 电压是交变的, 交流电路中的电容也就在不停地与外部电路进行能量交换, 但是并未消耗能量。

(2) 电容参数的影响因素

电容 C 的大小受两极的形状、极间距离、绝缘介质种类的影响。平板电容器的 C 为

$$C = \frac{\varepsilon}{d}S \quad (1.1-9)$$

式中: d 、 S 、 ε 分别为电容两极间距离、两极板面积和介质的介电系数。

(3) 电容元件

电路模型中的电容元件描述的是元件储存电荷的特征, 而任意两导体间有绝缘介质, 都会具有这种特征。所以, 输电导线对地之间、输电导线相与相之间、变压器原边绕组与副边绕组之间、电缆的相与相之间等都有电容存在。显然, 电容元件所对应的实际电路的元件并非仅指电容器。

任务 1.2 直流电路分析计算

1.2.1 【任务简介】

本任务为直流电路的分析计算。要求通过学习能分析计算串联、并联及混联电阻电路。

1.2.2 【任务目标】

知识目标

- (1) 掌握直流电路、串联、并联电路的概念。
- (2) 理解欧姆定律、基尔霍夫定律的内涵。
- (3) 掌握串联、并联电路的特点, 电阻电路的功率及电能计算式。

能力目标

- (1) 能运用欧姆定律、基尔霍夫定律及串、并联电路特点分析计算串联、并联及混联电阻电路。
- (2) 能绘制各类典型应用电路。

1.2.3 【建议课时】

4 课时。

1.2.4 【相关知识】

一直保持一定电压的电源称为直流电源。习惯上把以直流电源作为电源的电路称为直流

电路。

一、欧姆定律

1. 电阻元件的电压电流关系

如图 1.2-1 所示为一段电阻元件电路，电阻元件两端的电压 U 与流过电阻元件的电流 I 应服从于欧姆定律，即

$$I = \frac{U}{R} \tag{1.2-1}$$

电阻元件的电流与电压成正比，与电阻成反比。式 (1.2-1) 也可写成 $U = IR$ 或 $R = \frac{U}{I}$ 。据此，在 U 、 I 、 R 三个量中已知两个量，可求出第三个量。

2. 全电路的欧姆定律

图 1.2-2 为由电源和负载组成的闭合电路，电路的电流可按式 (1.2-2) 计算

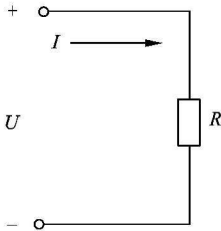


图 1.2-1 欧姆定律

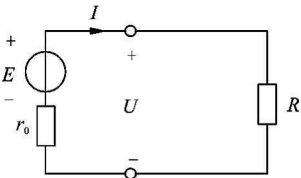


图 1.2-2 全电路的欧姆定律

$$I = \frac{E}{R + r_0} \tag{1.2-2}$$

式 (1.2-2) 称为全电路的欧姆定律，它适用于仅由单一回路构成的电路。若回路中有多
个电阻和电源，可把上式推广为一般形式

$$I = \frac{\sum E}{\sum R} \tag{1.2-3}$$

上式中，电动势的方向与电流的方向一致时取正，相反时取负。全电路欧姆定律表明：电路中的电流与电源电动势成正比，与整个电路的总电阻（电源内阻和电源外部电路电阻之和）成反比。

3. 含源支路的欧姆定律

图 1.2-3 为含源支路，(a) 图为实际电源供电电路的电路模型，图中 a、b 两点的电压 U_{ab} 可视为实际电源两端的电压；而 (b) 图为蓄电池充电电路的电路，此时的蓄电池实际为外接电源 U_{ab} 的负载。

对图 1.2-3 (a)

$$I = \frac{E - U_{ab}}{r} \tag{1.2-4}$$

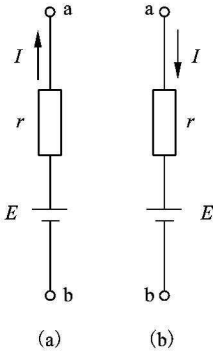


图 1.2-3 含源支路的欧姆定律

对图 1.2-3(b)

$$I = \frac{U_{ab} - E}{r} \quad (1.2-5)$$

二、基尔霍夫定律

欧姆定律适用于单回路电路,对于稍复杂的电路,要用到基尔霍夫定律。基尔霍夫定律包含第一定律和第二定律。

1. 基尔霍夫第一定律

基尔霍夫第一定律是关于电流的一般定律:电路中的任意一个节点,流入节点的电流总和等于流出节点的电流总和。如图 1.2-4 所示, A 点为电路中任意一个节点,有

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

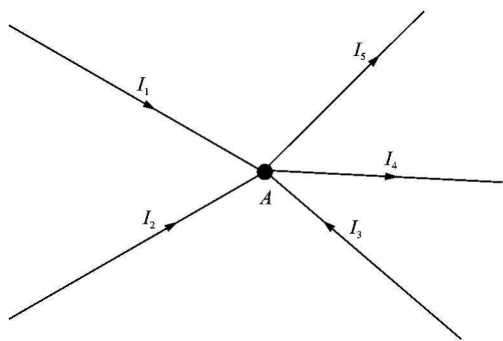


图 1.2-4 基尔霍夫第一定律

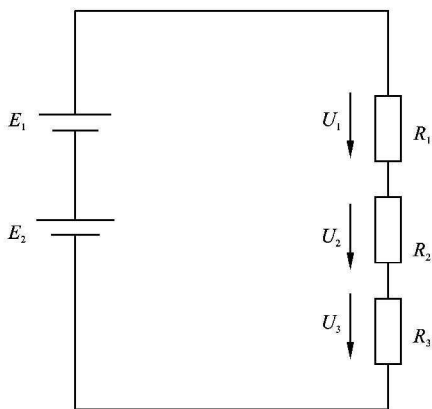


图 1.2-5 基尔霍夫第二定律

2. 基尔霍夫第二定律

基尔霍夫第二定律是关于电压的一般定律:电路中任意一闭合回路,电源电压之和等于电压降的总和。如图 1.2-5 为一闭合回路,有

$$E_1 + E_2 = U_1 + U_2 + U_3$$

基尔霍夫定律是适用于任何集总电路的一般定律。

三、电阻的连接及其应用

1. 电阻的串联及其应用

几个电阻顺次首尾相连,中间没有分支,这样的连接称为串联。如图 1.2-6(a) 所示为两个电阻的串联电路。

(1) 电阻串联的特点

1) 各个电阻流过的是同一电流。这也是串联电路的本质特征,可作为识别串联电路的依据。

2) 总电压等于每个电阻上电压之和。

3) 等效电阻(总电阻)等于各串联电阻之和。如图 1.2-6(b) 所示 R 为图 1.2-6(a) 的等效电阻, $R = R_1 + R_2$ 。