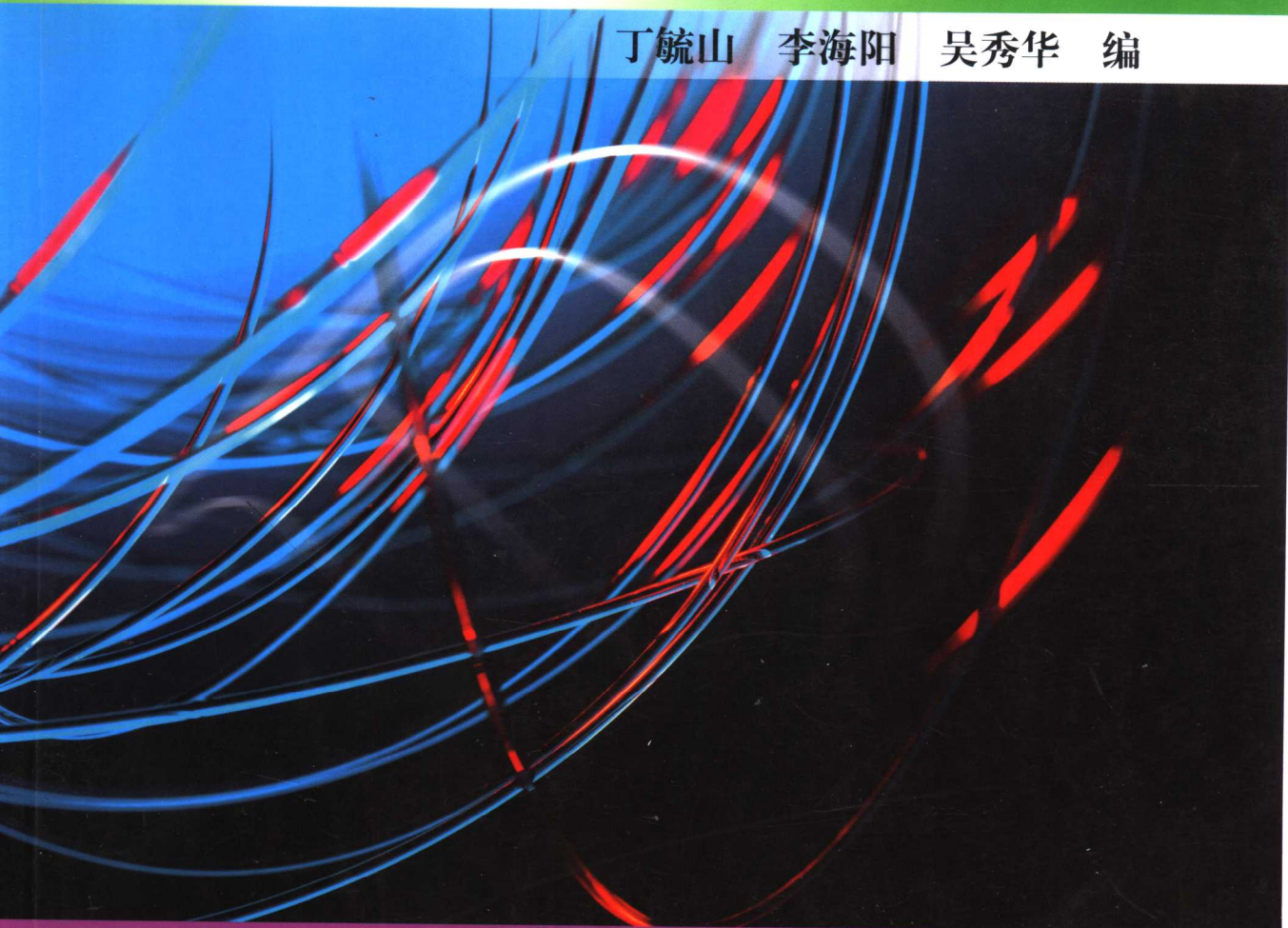


丁毓山 金开宇 主编

配电线路

职业技能鉴定培训教材

丁毓山 李海阳 吴秀华 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

丁毓山 金开宇 主编

配电线路

职业技能鉴定培训教材

丁毓山 李海阳 吴秀华 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·配电线路》编写，是配电线路技术工人职业技能鉴定的培训教材。全书共分七篇：电工基础知识；电气设备；工程力学基础；配电网的规划；配电线路的施工、运行与维护；配电网自动化管理；实际技能操作。在附录中给出了配电线路技术工人初级工、高级工职业技能鉴定的试题。

本书可供配电线路技术工人阅读和职业技能培训之用，也可供相关专业技术人员及管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

配电线路职业技能鉴定培训教材/丁毓山, 金开宇主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2004

ISBN 7-5084-1825-5

I. 配… II. ①丁…②金… III. 配电线路-职业技能鉴定-教材 IV. TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 109052 号

书 名	配电线路职业技能鉴定培训教材
作 者	丁毓山 金开宇 主编 丁毓山 李海阳 吴秀华 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: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京密云红光印刷厂
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 29.5 印张 700 千字
版 次	2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—5100 册
定 价	46.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·配电线路工》的要求，考虑到配电网技术工人的工作特点，本书共分七篇：第一篇为电工基础知识；第二篇为电气设备；第三篇为工程力学基础；第四篇为配电网的规划；第五篇为配电线路的施工、运行与维护；第六篇为配电网自动化管理；第七篇实际技能操作。在附录中给出了配电线路技术工人初级工和高级工职业技能鉴定的试题。

参加本书编写的人员有：沈阳铁西供电局李海阳，沈阳于洪农电局李伟、刘宁、李奎生、冯勃、王天策、周丽、程云峰、裴路国、侯庭阳、孙成宝、金开宇，丹东电业局张福华、吕志恒、唐艳、邢焱，东港农电局周晓彤，锦州电业局鞠英俊，盖州农电局孙晓光、孙玉波，沈阳农业大学吴秀华、陈春玲、丁毓山。

尽管在编写过程中，经过集体讨论，调查研究，但限于时间短促，书中定有不足之处，编者恳切希望使用本书的广大教师和读者多提宝贵意见。

作 者

2003年11月于沈阳

目 录

前 言

第一篇 电 工 基 础 知 识

第一章 直流电路	1
第一节 直流电路基本概念和简单直流电路	1
第二节 复杂电路计算	8
复习思考题	11
第二章 磁场的基本知识	14
第一节 磁的性质和电流的磁场	14
第二节 感应电势和载流导体受力	17
复习思考题	21
第三章 单相交流电路	22
第一节 交流电路的基本概念	22
第二节 单参数单相交流电路	27
第三节 多参数单相交流电路	28
第四章 三相交流电路	37
第一节 三相电势的产生和三相电路的连接	37
第二节 不对称三相电路的概念和三相电路的功率	40
第三节 三相电路的计算	41

第二篇 电 气 设 备

第一章 变压器	47
第一节 变压器的分类及工作原理	47
第二节 变压器的额定技术数据	49
第三节 变压器的构造	52
第四节 分接开关与调压变压器	57
第五节 温度计	59
第六节 配电变压器	60
第七节 配电变压器容量的确定和经济运行	64
复习思考题	69
第二章 仪用互感器	73
第一节 电压互感器的用途、原理和参数	73

第二节	电压互感器与绝缘监察	80
第三节	电流互感器	82
	复习思考题	86
第三章	断路器和隔离开关	89
第一节	SF ₆ 断路器	89
第二节	真空断路器	95
第三节	高压断路器的种类、结构组成和参数	102
第四节	油断路器的灭弧原理	108
第五节	少油断路器	111
第六节	操动机构	114
第七节	高压隔离开关	116
	复习思考题	117
第四章	重合器与分段器	120
第一节	重合器	120
第二节	国产 OSM/TEL12—16/630 型自动重合器	121
第三节	自动线路分段器	128
第四节	配电开关	133
	复习思考题	138
第五章	低压成套电器设备	141
第一节	智能型箱式变电站	141
第二节	DXB 型 12kV 组合箱式变电站	148
第三节	ZBW22—12 型组合式变电站	151
	复习思考题	156
第六章	雷电及防雷保护	158
第一节	雷电的形成、参数及活动规律	158
第二节	避雷针与避雷器	162
第三节	线路的防雷保护	165
第四节	配电变压器及配电设备的防雷保护	168
第五节	变电所的防雷保护	170
	复习思考题	175
第七章	接地和接零	179
第一节	工作接地与保护接地	179
第二节	保护接零	184
第三节	接地装置	189
	复习思考题	192
第八章	配电网的无功补偿	195
第一节	配电网的无功补偿规划	195
第二节	从提高功率因数的观点确定补偿容量	201

第三节 考虑负荷分布时配电线路补偿容量和补偿位置的确定	205
复习思考题	208
第九章 漏电保护器	210
第一节 漏电保护器的类型和工作原理	210
第二节 漏电保护器的保护方式	212
第三节 漏电保护器的动作电流和动作时间的选择	216
第四节 剩余电流动作保护器的正确应用	218
复习思考题	221

第三篇 工程力学基础

第一章 力的基本公理与定理	223
第一节 力的基本概念	223
第二节 平面汇交力系的合成与分解	227
第三节 力矩与力偶	230
第四节 弯曲的概念	235
第二章 力学在送电线路中的应用	236
第一节 力矩平衡与长度计算	236
第二节 起重与应力计算	238

第四篇 配电网的规划

第一章 配电网电力负荷的预测	243
第一节 配电网电力负荷的预测内容和方法	243
第二节 负荷曲线	245
第三节 负荷预测的一般方法	248
第四节 预测精度分析	252
复习思考题	254
第二章 供电电源规划	257
第一节 电源规划的原则和步骤	257
第二节 变电所规划	260
复习思考题	267
第三章 城网和农网规划	270
第一节 架空送电线路及高压配电线路的规划要求	270
第二节 供电方式和 N-1 准则	272
第三节 电网规划程序	276
第四节 电网规划中的容载比	286
第五节 线路长度的比例配置	288
第六节 农网规划的一般问题	291
复习思考题	295

第五篇 配电线路的施工、运行与维护

第一章 配电线路的杆塔	298
第一节 配电线路概述	298
第二节 架空配电线路的杆塔	303
复习思考题	316
第二章 电缆线路	319
第一节 电力电缆线路的敷设要求及方法	319
第二节 配电电缆截面的优化选择	323
第三节 电缆线路本体工程概算方法	326
第四节 电缆工程概算表	330
复习思考题	335
第三章 架空线路的施工	337
第一节 电杆基础、杆头组装和立杆	337
第二节 拉线及其安装	344
第三节 导线的连接	350
第四节 导线架设	353
第五节 接户线	360
复习思考题	362
第四章 架空配电线路和电缆的运行	368
第一节 架空配电线路的运行	368
第二节 电缆线路的运行	371
复习思考题	378
第五章 配电线路的防护	381
第一节 配电线路的防雷	381
第二节 防污	382
第三节 导线的故障及其防止措施	384
第四节 倒杆、断杆和断横担故障及其防止措施	390
第五节 绝缘子故障及其防止措施	391
第六节 跌落式保险器故障及其防止措施	393
复习思考题	395
第六章 杆塔的基础施工和弧垂观测	397
第一节 杆塔基础	397
第二节 弧垂的观测	406
第三节 导线对跨越物的垂距测量	409
复习思考题	412

第六篇 配电网自动化管理

第一章 配电网自动化的一般问题	415
-----------------	-----

第一节	配电网自动化的发展和通信手段	415
第二节	配电网自动化方案及设备选型	419
第三节	配电网 GIS 功能的描述	423
	复习思考题	425
第二章	配电自动化系统	427
第一节	概述	427
第二节	TOSCAN—D3000C 配电自动化系统	428
第三节	DA—2000 配电自动化系统	430
	复习思考题	434

第七篇 实际技能操作部分

第一章	单项操作	435
第二章	多项操作	446
第三章	综合操作	453

附 录

附录 1	配电线路职业技能鉴定初级工试题	457
附录 2	配电线路职业技能鉴定高级工试题	459

第一篇 电工基础知识

第一章 直流电路

第一节 直流电路基本概念和简单直流电路

一、电流

导体中的自由电子在电场力的作用下，作有规则的定向运动，称谓电流。工程上规定正电荷移动的方向为电流的方向。因此，在金属导体中，电流的方向是与自由电子的实际移动方向是相反的。

电流的大小用电流强度来表示，其数值等于单位时间内通过导体截面的电量，通常用符号 I 表示，即

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

式中 I ——电流强度 (A)；

Q ——通过导体截面的电荷量 (C)；

t ——通过电荷量 Q 所用的时间 (s)。

电流强度的单位可用 kA (千安)、A (安)、mA (毫安)、 μ A (微安) 表示，它们之间的换算关系是

$$\begin{aligned} 1\text{kA} &= 1000\text{A} \\ 1\text{A} &= 1000\text{mA} \\ 1\text{mA} &= 1000\mu\text{A} \end{aligned}$$

二、电位和电压

1. 电位

电场中某点的电位，在数值上等于单位正电荷沿任意路径从该点移至无限远处电场力所做的功。其单位为 V (伏特)，简称伏。

在电场中电位等于零的点叫做参考点，凡电位高于零电位的点，电位为正，凡电位低于零电位的点，其电位为负。通常往往以大地作为参考点。

2. 电压

电场中任意两点间的电压，等于这两点电位差，因此，电压也称电位差。

电压的单位可用 kV (千伏)、V (伏)、mV (毫伏)、 μ V (微伏) 表示，它们之间的换算关系是

$$\begin{aligned} 1\text{kV} &= 1000\text{V} \\ 1\text{V} &= 1000\text{mV} \end{aligned}$$

$$1\text{mV} = 1000\mu\text{V}$$

电场中各点的电位，随着参考点的改变而不同，但是无论参考点如何改变，任意两点间的电位差是不变的。电压的正方向是从高电位点指向低电位点。

三、电势

电势是电源内部的电源力，常称局外力，将单位正电荷从电源负极移到正极时所做的功。因此电源电势是衡量电源力做功能力的物理量，可用下式表示

$$E = \frac{A}{Q} \quad (1-1-2)$$

式中 E ——电势 (V)；

A ——电源力所做的功 (J)；

Q ——正电荷的电荷量 (C)。

电势的方向规定为电源力推动正电荷运动的方向，即从负极指向正极的方向，也就是电位升高的方向。

四、电阻和电阻率

在电场力的作用下，电流在导体中流动时，所受到的阻力，称为电阻，用“ R ”或“ r ”表示。电阻常用的单位为： $M\Omega$ (兆欧)、 $k\Omega$ (千欧)、 Ω (欧)，它们之间的换算关系是

$$1M\Omega = 1000000\Omega$$

$$1k\Omega = 1000\Omega$$

$$1\Omega = 1000m\Omega = 1000000\mu\Omega$$

当导体两端的电压是 1V，导体中的电流是 1A 时，这段导体的电阻为 1 Ω 。即

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

同一种材料对电流的阻力，主要决定于导体的长度和横截面积。如截面积相同时，则导体越长，电阻越大；如长度相同时，则截面积越大，电阻越小。所以电阻与导线长度 L 成正比；而与导线截面积 S 成反比。即

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-1-3)$$

式中 ρ ——电阻率。

ρ 的物理意义是：在 +20 $^{\circ}\text{C}$ 时，长度为 1m，横截面积为 1 mm^2 的导线的电阻值。与材料性质有关， ρ 值越小，导电性能越好。 ρ 的单位是 $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ 。

五、导体电阻与温度关系

电流通过导体时，其温度增高；导体的环境温度增高时，其温度也增高。温度升高，导体中分子运动加快，电子与分子碰撞机会增多，致使导体的电阻增大。表 1-1-1 中所列的 R 值为 20 $^{\circ}\text{C}$ 时的数值，温度增高， R 值增大。

为了考虑温度对导体电阻的影响，引入了温度系数 α ，其物理意义是：温度每升高 1 $^{\circ}\text{C}$ 时，1 Ω 电阻的变化量。

设温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时电阻的数值为 R_t ，若温度由 $t^{\circ}\text{C}$ 增加到 $T^{\circ}\text{C}$ ，则电阻的变化量为

表 1-1-1

温度为 20℃ 时的 ρ 和 α 值

材 料	$\rho \left(\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$	$\alpha \left(\frac{1}{\text{C}} \right)$	材 料	$\rho \left(\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$	$\alpha \left(\frac{1}{\text{C}} \right)$
铜	0.0175	0.004	锡	0.114	0.00438
铝	0.0283	0.004	铅	0.222	0.00387
铁	0.1	0.0057	康铜	0.44	0.00004

$$\Delta R = R_t \alpha (T - t)$$

由此，在 $T^\circ\text{C}$ 时电阻的总值应为电阻的原值 R_t 加上变化值 ΔR ，即

$$R_T = R_t + \Delta R = R_t + R_t \alpha (T - t) = R_t [1 + \alpha (T - t)] \quad (1-1-4)$$

式中 R_T ——温度为 $T^\circ\text{C}$ 时的电阻 (Ω)；

R_t ——温度为 20°C 时的电阻 (Ω)。

六、欧姆定律

1. 简单直流电路的意义

简单直流电路是指能用欧姆定律做电阻串、并、混联求解的电路。

2. 电路欧姆定律

外电路欧姆定律指出：在一段电路中，流过电阻 R 的电流 I 与电阻两端的电压 U 成正比，而与这段电路的电阻成反比。用公式表示是

$$I = \frac{U}{R}; U = IR; R = \frac{U}{I} \quad (1-1-5)$$

式中 U ——电压 (V)；

I ——电流 (A)；

R ——电阻 (Ω)。

3. 全电路欧姆定律

全电路欧姆定律是用来说明在一个闭合电路中，电势、电压、电流、电阻之间基本关系的定律。即，在一个闭合电路中，电流与电源的电势 E 成正比，与电路中电源的内阻 r 和外电阻 R 之和成反比。用公式表示为

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1-1-6)$$

式中 E ——电路中电源电势 (V)；

I ——电流 (A)；

R ——外电阻，即负载电阻 (Ω)；

r ——电源内阻 (Ω)。

七、功和功率

在一段时间内，电源力（电场力）所做的功称为电功或电能，电能用符号 A 表示。其总值是焦耳 (J)。通常电能也以电量的形式表现，以千瓦时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$) 为单位，称为度。二者之间的换算关系为：

$$1\text{kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$$

单位时间内电源力所做的功称为电功率。电功率用符号 P 表示，常用的单位为 kW (千瓦)、W (瓦) 等，即

$$1(\text{kW}) = 1000\text{W}$$

$$1(\text{W}) = 1000\text{mW}$$

电功率的计算公式为

$$P = \frac{A}{t} = \frac{UIt \times 10^{-3}}{t} = UI \times 10^{-3} = I^2 R \times 10^{-3} = \frac{U^2}{R} \times 10^{-3} \quad (1-1-7)$$

式中 P ——电功率 (kW);

t ——时间 (h);

A ——电能 (kW·h)。

$$1\text{kW} = 1.36 \text{ 马力}$$

八、电流的热效应

当电流流过导体时, 由于导体具有一定的电阻, 因此, 就要消耗一定的电能。这些电能不断地转变为热能, 使导体温度升高, 这种现象就叫做电流的热效应。根据能量守恒原理, 电路中消耗的电功率将全部转换为热功率, 由式 (1-1-7) 知

$$Q = 0.24I^2R \quad (1-1-8)$$

式中 0.24——热功当量。

九、短路和断路

如果电源通向负载的两根导线不经过负载而相互直接接通, 就发生了电源被短路的情况。这时电路中的电流可能增大到远远超过导线所允许的电流限度。

断路, 一般是指电路中某一部分断开, 例如导线、电气设备的线圈等断线, 使电流不能导通的现象。

短路会造成电气设备的过热, 甚至烧毁电气设备、引起火灾。同时, 短路电流还会产生很大的电动力, 造成电气设备损坏, 严重的短路事故甚至还会破坏系统稳定, 所以对运行中的电气设备必须采取一定的保护措施, 例如安装自动开关、熔断器等, 当发生短路故障时, 这些装置可将短路点及时切除, 以防止短路造成电气设备的损坏。

十、电阻串并联电路

1. 串联电路

图 1-1-1 所示的为两个电阻 R_1 、 R_2 的串联电路, 其特点是:

(1) 两个电阻 R_1 、 R_2 首尾相接, 没有分支。

(2) 电路总电压等于 R_1 、 R_2 上的分电压 U_1 、 U_2 之和。

(3) 所有电阻流过相同的电流。

串联电路的总电阻等于参与串联的所有电阻之和, 即

$$R = R_1 + R_2$$

对于 n 个电阻的串联电路的总电阻等于

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

(1-1-9)

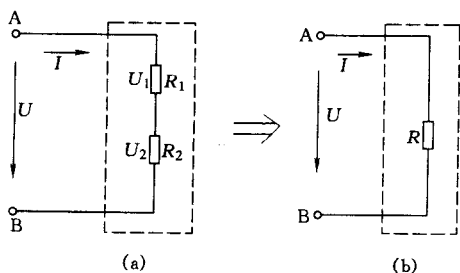


图 1-1-1 串联电路

(a) 实际电路; (b) 等效电路

2. 电阻的并联

并联电路的特点是:

(1) 所有参加并联电阻的首端并接在一起，末端并接在一起，所有电阻受相同电压的作用，如图 1-1-2 所示。

(2) 并联电路总电流 I 等于各个并联电阻的电流 I_1 、 I_2 、 \dots 、 I_n 之和。如果用图 1-1-2 (b) 来等效图 1-1-2 (a)，就是用 R 来代替 R_1 、 R_2 的作用。对图 1-1-2 (a) 的总电流，应等于所有电阻的各个分电流之和，即

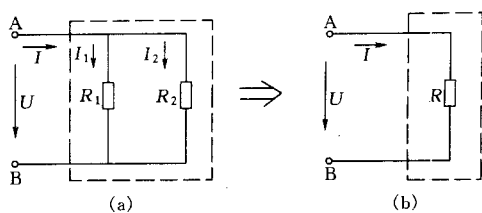


图 1-1-2 并联电路
(a) 实际电路；(b) 等效电路

$$I = \frac{U}{R} = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (1-1-10)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (1-1-11)$$

3. 算例

【例 1-1-1】 已知在图 1-1-3 中， $U=220V$ ，各电阻的阻值标注在图中，求电路的总电流。

解：

计算 A、B 两点间的电阻为

$$R_{AB} = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50(\Omega)$$

计算 C、B 两点间的电阻为

$$R_{CB} = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50(\Omega)$$

电路的总电流为

$$I = \frac{U}{50 + 50} = \frac{220}{100} = 2.2(A)$$

【例 1-1-2】 在图 1-1-4 中， $R_1=900$ ， $R_2=300$ ， $R_3=300$ ， $R_4=150$ ， $R_5=600$ ，求开关 S 打开和闭合时的等效电阻 R_{ab} 。

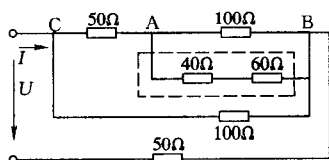
解：

当开关 S 打开时

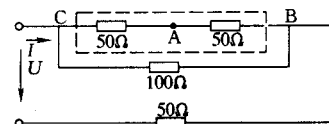
$$\begin{aligned} R_{ab} &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_4} + \frac{1}{R_3 + R_5}} \\ &= \frac{1}{\frac{1}{900} + \frac{1}{300 + 150} + \frac{1}{300 + 600}} = 225(\Omega) \end{aligned}$$

当开关 S 闭合时

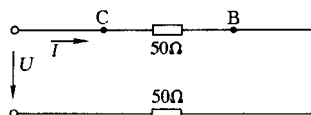
$$\begin{aligned} R_{23} &= \frac{300 \times 300}{300 + 300} = 150(\Omega) \\ R_{45} &= \frac{150 \times 600}{150 + 600} = 120(\Omega) \end{aligned}$$



(a)



(b)



(c)

图 1-1-3

$$R_{ab} = \frac{270 \times 900}{270 + 900} \approx 207.69(\Omega)$$

【例 1-1-3】 一个电路如图 1-1-5 所示，求它的等效电阻 R_{ab} 。

解：从图中可以看到其中一个点桥存在，由于电桥的对角电阻乘积相等，所以这个电桥是平衡的， R_{ab} 等效电阻为

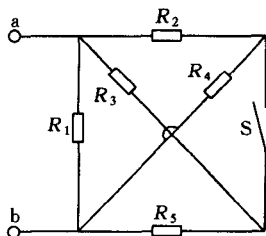


图 1-1-4

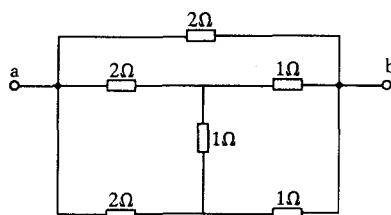


图 1-1-5

$$R_{ab} = \frac{\frac{2+1}{2} \times 2}{\frac{2+1}{2} + 2} = \frac{6}{7} \approx 0.857(\Omega)$$

十一、电容电路中的物理现象

1. 电容电路中的物理现象

能够储存电荷的容器称为电容器，例如，两块金属板便可构成一个电容器，如图 1-1-6 所示。在极板面积一定的条件下，电容器的正、负极板上积累的电荷 Q 越多，其极板间的电位差越高。

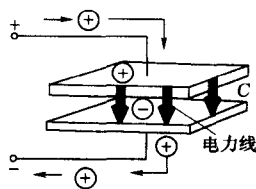


图 1-1-6 电容器

电容器电容的大小是按着下述方法定义的：两极板间的电压升高 1V 所需要的电荷量，称为电容器的电容，单位为法拉，简称法，用符号 F 表示。若将两极板间电压提高 100V，所需的电荷量为 50C，则该电容器的电容 C 为

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{50C}{100V} = 0.5F \quad (1-1-12)$$

$$1F = 10^6 \mu F = 10^6 pF$$

在这里有一个很重要的概念是：电容器两端电压与电荷量成正比例，即 $Q = CU$ 。由于极板上电荷量 Q 必须逐步积累，不能突变，所以电容器两端电压不能突变。

此外，若电容器两端电压上升得快，表明极板上电荷积累得快，通过电容器的电流就越大；若两端电压下降得快，表明电荷泄放得快，其放电电流就越大。可见电容器中的电流由端电压随时间的变化率确定。因此，通过电容器的电流只能是暂态电流和交流。

电容器两端电压上升，称为充电过程；电容器两端电压下降，称为放电过程。

2. 电容的串并联计算公式

(1) 电容的并联计算公式。

电容的并联公式如同电阻的串联计算公式一样，如若有 n 个电容并联，则总电容为

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (1-1-13)$$

因为电容并联相当于电容器的极板扩大一样。

(2) 电容的串联计算公式。

电容的串联公式如同电阻的并联计算公式一样，如若有 n 个电容并联，则总电容得倒数为

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n} \quad (1-1-14)$$

对于两个电容则有

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (1-1-15)$$

因为电容串联是把电荷量按电容器的容量分布在各个极板上，相当电容器的极板缩小一样。

3. 算例

【例 1-1-4】 图 1-1-7 中，电容器 $C_1 = 1\mu\text{F}$ ， $C_2 = 3\mu\text{F}$ ， $C_3 = 6\mu\text{F}$ ， $C_4 = 2\mu\text{F}$ ， $U = 100\text{V}$ ，求各电容器电压。

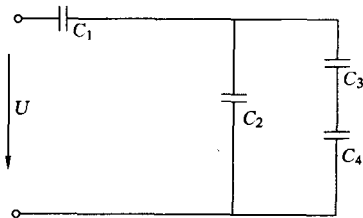


图 1-1-7 求各电容器端电压

解：

$$C_5 = \frac{C_3 \times C_4}{C_3 + C_4} + C_2 = \frac{6 \times 2}{6 + 2} + 3 = \frac{9}{2} (\mu\text{F})$$

因为

$$\frac{C_1}{C_5} = \frac{U_5}{U_1}$$

$$U_1 + U_5 = 100\text{V}$$

则

$$U_1 = 81.8\text{V}$$

$$U_5 = U_2 = 18.2\text{V}$$

$$\frac{C_3}{C_4} = \frac{U_4}{U_3}$$

$$U_3 + U_4 = 18.2\text{V}$$

$$U_3 = 4.55\text{V}$$

$$U_4 = 13.6\text{V}$$

【例 1-1-5】 在图 1-1-8 中， $C_1 = 0.2\mu\text{F}$ ， $C_2 = 0.3\mu\text{F}$ ， $C_3 = 0.8\mu\text{F}$ ， $C_4 = 0.2\mu\text{F}$ ，求开关 S 断开与闭合时，A、B 两点的等效电容 C_{AB} 。

解：

开关断开时

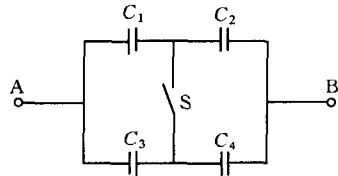


图 1-1-8 求 S 断开与闭合时，A、B 两点的等效电容

$$C_{AB} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} = \frac{0.2 \times 0.3}{0.2 + 0.3} + \frac{0.8 \times 0.2}{0.8 + 0.2} = 0.28(\mu F)$$

开关闭合时

$$C_{AB} = \frac{(C_1 + C_3)(C_2 + C_4)}{C_1 + C_2 + C_3 + C_4} = \frac{(0.2 + 0.8)(0.3 + 0.2)}{1.5} = 0.33(\mu F)$$

第二节 复杂电路计算

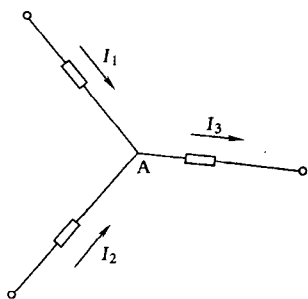
一、基尔霍夫第一定律

1. 电路的节点的定义

复杂电路是不能用串、并、混联简化的电路。在电路中三条及以上电路汇聚的一点，叫做节点。

2. 支路的定义

在电路中两个节点之间的电路元件叫做支路。即支路可以有源元件，也可以是无源元件。



3. 回路的定义

由数条支路所构成的闭合电路，叫做回路。

4. 基尔霍夫第一定律的内容

基尔霍夫第一定律的内容是：在网络中，汇聚于电路节点所有电流的代数和等于零。例如，对于图 1-1-9 的节点 A 有

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1-1-16)$$

或者写成

$$\sum_A I = 0$$

图 1-1-9 基尔霍夫第一定律图形

式中 \sum_A 号下的字母 A 表示节点 A。

基尔霍夫第一定律也称为节点电流定律。节点电流的方向如果假定流入为正，则流出为负，或者相反。第一定律说明流入节点的电流等于流出节点的电流，它实质上是电荷不灭定律，即在节点处电荷既不能消失，也不能再生，更不能储存，流出的电荷等于流入的电荷。

二、基尔霍夫第二定律

基尔霍夫第二定律的内容是：在闭合回路中，所有电势的代数和等于回路中所有电阻压降的代数和。现利用图 1-1-10 来证明这个结论。

今假设点 a (图-1-10) 为参考点，即 $\varphi_a = 0$ ，则

$$b \text{ 点的电位} \quad \varphi_b = \varphi_a - I_1 R_1$$

$$c \text{ 点的电位} \quad \varphi_c = \varphi_b + E_1$$

$$d \text{ 点的电位} \quad \varphi_d = \varphi_c + I_2 R_2$$

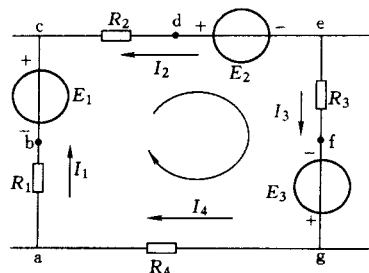


图 1-1-10 基尔霍夫第二定律图形