

朱光衡 主编

速学 电工计算



SUXUE
DIANGONG
JISUAN



化学工业出版社

朱光衡 主编

速学 电工计算



SUXUE
DIANGONG
JISUAN



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

速学电工计算/朱光衡主编. —北京: 化学工业出版社,
2013. 5

ISBN 978-7-122-16820-7

I. ①速… II. ①朱… III. ①电工计算 IV. ①TM11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 056808 号

责任编辑: 卢小林
责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京市振南印刷有限责任公司
装 计: 三河市宇新装订厂
850mm×1168mm 1/32 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 311 千字
2013 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

前 言

为提高电工的计算能力,满足广大电气工人培训学习的需要,编者根据多年从事维修电工和运行电工培训的经验,编写了本书。

本书根据初级、中级、高级电工应知要求,以维修电工和运行电工培训中所涉及到的电工计算为主线而编写。在内容安排上,针对电工从业人员的工作特点,按照实用和够用的原则,注重从基本概念和基本公式入手,着重于计算方法,主要以例题的形式进行编写。目的是使电工人员学会灵活使用计算公式,熟练掌握电工计算方法,提高计算能力。本书内容全面,通俗易懂,重点突出,便于自学。

本书共分十一章,主要包括:直流电路计算、交流电路计算、非正弦周期电流电路计算、动态电路计算、磁路计算、电子电路计算、电力电子技术计算、变压器计算、交流电动机计算和工厂供配电计算,书中还用一章的内容对电工计算口诀的应用进行了讲解,使本书更加实用,独具特色。本书例题丰富,形式多样,每章后还编写了复习思考题并配以答案详解。以便于读者学习及自测。

本书由南京化工职业技术学院朱光衡教授任主编,并编写了第三、四、十、十一章、附录一、附录二,中石化南化集团公司技校黄咏梅老师编写了第五~九章,南京化工职业技术学院朱丹宁老师编写了第一、二章。本书由南京化工职业技术学院孙琴梅副教授担任主审。同时感谢袁和平、夏新民、江兵等老师在本书编写过程中提供的帮助。

本书适用于初级、中级和高级电工人员阅读学习,也可作为中等职业学校电类专业或岗位培训的教学参考书。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中疏漏及不妥之处,恳请广大读者及同行批评指正。

编者

目 录

第一章 直流电路计算	1
第一节 电阻的计算	1
一、导体电阻计算	1
二、不同温度时的电阻计算	2
三、电阻串联、并联等效电阻的计算	3
四、电阻元件的星形连接和三角形连接的等效电阻计算	6
第二节 电压源和电流源计算	9
一、电压源串联和并联计算	9
二、电流源串联和并联的计算	11
三、电压源与电流源的等效变换计算	13
第三节 电路中电压、电流、电位的计算	16
一、用欧姆定律计算电路中的电压与电流	16
二、用基尔霍夫定律计算电路中的电压与电流	17
三、用支路电流法计算电路中电流和电压	20
四、用回路电流法计算电路中电流和电压	21
五、用节点电位法计算电路中电流和电压	23
六、用叠加定理计算电路中电流和电压	25
七、用戴维南定理计算电路中电流和电压	27
八、电位计算	29
第四节 电功率和电能的计算	31
一、电功率计算	31
二、电能计算	33
第五节 电容和电感的计算	34
一、电容串联、并联和混联时容量和电压的计算	34
二、电感串联、并联时电感量的计算	37

复习思考题	39
第二章 交流电路计算	46
第一节 正弦交流电的周期、频率、相位差、有效值计算	46
一、正弦交流电的周期、频率的计算	46
二、相位差的计算	48
三、有效值计算	49
第二节 感抗、容抗、阻抗的计算	51
一、感抗的概念及计算	51
二、容抗的概念及计算	51
三、阻抗的概念及计算	52
第三节 单相交流电路计算	53
一、单一参数电路计算	53
二、RLC 串联电路计算	58
三、RLC 并联电路计算	63
四、RL-C 并联电路计算	66
五、单相交流电路功率及功率因数计算	66
六、谐振电路计算	69
七、互感电路计算	72
第四节 三相交流电路计算	75
一、对称三相电源的电压计算	75
二、三相对称负载星形连接时电压与电流的计算	78
三、三相对称负载三角形连接时电压与电流的计算	82
四、三相对称电路功率计算	84
五、三相不对称电路计算	86
复习思考题	90
第三章 非正弦周期电流电路计算	94
第一节 电流、电压有效值及平均功率的计算	94
一、电流、电压有效值的计算	94

二、平均功率的计算	95
第二节 非正弦周期电流电路的计算	96
复习思考题	98
第四章 动态电路计算	101
第一节 初始值、稳态值和时间常数的计算	101
一、初始值的计算	101
二、稳态值的计算	105
三、时间常数的计算	106
第二节 RC 电路零输入、零状态及全响应的计算	107
一、RC 电路零输入响应的计算	107
二、RC 电路零状态响应的计算	109
三、RC 电路全响应的计算	111
第三节 RL 电路零输入、零状态及全响应的计算	112
一、RL 电路零输入响应的计算	112
二、RL 电路零状态响应的计算	114
三、RL 电路全响应的计算	115
复习思考题	118
第五章 磁路计算	121
第一节 磁路基本物理量计算	121
一、磁感应强度、磁场强度及磁通计算	121
二、磁场对电流的作用力计算	124
第二节 电磁感应的计算	129
一、楞次定律	129
二、法拉第电磁感应定律	131
第三节 磁路的计算	134
一、线性磁路的计算	134
二、无分支恒定磁通磁路的计算	138
三、有分支对称恒定磁通磁路的计算	140

四、交变磁通磁路的计算	141
复习思考题	142
第六章 电子电路计算	145
第一节 单相整流电路的计算	145
一、单相半波整流电路的计算	145
二、单相全波整流电路的计算	147
三、单相桥式整流电路的计算	149
第二节 滤波电路的计算	151
一、电容滤波电路的计算	151
二、电感滤波电路的计算	153
第三节 三极管共射放大电路的计算	156
一、静态工作点的计算	156
二、输入电阻、输出电阻及电压放大倍数的计算	158
第四节 三极管共集放大电路的计算	163
一、直流通路静态工作点的计算	163
二、交流通路动态参数（输入电阻、输出电阻及电压放大 倍数）的计算	164
第五节 三极管共基放大电路的计算	165
一、直流通路静态工作点的计算	165
二、交流通路动态参数（输入电阻、输出电阻及电压放大 倍数）的计算	166
第六节 多级运算放大电路的计算	170
第七节 集成运算放大电路的计算	173
一、比例运算放大电路的计算	173
二、求和运算放大电路的计算	175
三、减法运算放大电路的计算	175
第八节 比较器的计算	177
一、单限比较器的计算	177
二、滞回比较器的计算	179

三、双限比较器的计算	180
复习思考题	181
第七章 电力电子技术计算	184
第一节 单相控制整流电路的计算	184
一、单相半波相控整流电路的计算	184
二、单相桥式半控整流电路的计算	189
三、单相桥式全控整流电路的计算	192
第二节 三相相控整流电路的计算	197
一、三相半波相控整流电路的计算	197
二、三相桥式半控整流电路的计算	201
三、三相桥式全控整流电路的计算	203
第三节 交流变换电路的计算	205
一、单相交流调压电路的计算	206
二、三相交流调压电路的计算	208
复习思考题	210
第八章 变压器计算	212
第一节 理想变压器的计算	212
一、变压器变比的计算	212
二、变压器的阻抗变换计算	214
第二节 单相变压器的计算	215
一、变压器的功率计算	215
二、电压调整率的计算	216
三、变压器的损耗计算	217
四、变压器的效率计算	218
第三节 三相变压器的计算	220
一、变压器变比的计算	220
二、变压器一、二次侧电压、电流的计算	221
三、变压器功率的计算	221

四、变压器损耗、输出功率和效率的计算	222
复习思考题	223
第九章 交流电动机计算	225
第一节 三相交流异步电动机的计算	225
一、转速、转差率、磁极数的计算	225
二、电磁转矩的计算	227
三、功率、效率、功率因数的计算	228
第二节 三相交流异步电动机的降压启动计算	230
一、降压启动的条件计算	230
二、笼型异步电动机串电阻降压启动的计算	231
三、笼型异步电动机 Y- Δ 降压启动的计算	233
四、绕线式异步电动机转子串接对称电阻启动计算	234
第三节 三相异步电动机的制动计算	235
一、反接制动的制动电阻计算	235
二、能耗制动时的直流励磁电流与转子附加电阻的计算	237
三、回馈制动时的转子串接回馈电阻的计算	238
复习思考题	240
第十章 工厂供配电计算	242
第一节 工厂电力负荷计算	242
一、用需要系数法确定计算负荷	242
二、用二项式系数法确定计算负荷	247
三、尖峰电流计算	249
第二节 短路电流计算	251
一、用欧姆法计算三相短路电流	253
二、用标幺制法计算三相短路电流	257
三、两相短路电流计算	259
四、单相短路电流计算	260
第三节 导线和电缆截面的选择计算	261

一、按发热条件选择导线和电缆截面	261
二、按经济电流密度选择导线和电缆截面	274
三、线路电压损耗的计算	275
第四节 防雷接地计算	280
一、避雷针保护范围的计算	280
二、接地电阻计算	282
复习思考题	285
 第十一章 电工计算口诀应用实例	288
第一节 电流计算口诀	288
一、按功率计算电流口诀	288
二、导体载流量的计算口诀	290
三、车间负荷计算口诀	293
第二节 配电计算口诀	296
一、电动机配线口诀	296
二、吊车及电焊机配线口诀	298
三、电力穿管管径计算口诀	299
第三节 口诀在电动机中的应用	300
一、已知三相电动机容量, 估算其额定电流	300
二、已知小型 380V 三相笼型电动机容量, 选择供电设备 最小容量、负荷开关、熔体电流值	302
三、已知 380V 三相电动机容量, 选择交流接触器额定 电流等级	304
四、已知 380V 三相电动机容量, 选择过载保护热继电器 元件额定电流和整定电流	305
第四节 口诀在电力变压器中的应用	306
一、已知变压器的容量, 估算变压器各电压等级侧额定 电流	306
二、根据变压器的容量和额定电压, 选配变压器各电压等级 侧熔体电流值 (I_R)	307

三、根据变压器的容量，选配变压器低压侧断路器	308
复习思考题	310
复习思考题参考答案	311
附录一 借助于计算器对交流电路进行相量计算	338
附录二 电工指示仪表的误差及准确度计算	345
参考文献	358

第一章 直流电路计算

第一节 电阻的计算

一、导体电阻计算

1. 导体电阻的定义

导体对电流的阻碍作用称电阻。

导体的电阻越大，表示导体对电流的阻碍作用越大。符号用 R 表示，其单位为欧姆 (Ω)。

2. 导体电阻计算公式

导体电阻的大小与导体的材料、导体的长度和导体截面积有关，即

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

式中 R ——导体的电阻， Ω ；

ρ ——导体所用材料的电阻率， $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ；

l ——导体的长度， m ；

S ——导体的截面积。 mm^2 。

常用导体材料的电阻率见表 1-1。

3. 应用举例

例 1-1 有一根铜导线，长为 100m ，截面积为 2.5mm^2 ，求该导线的电阻值（温度为 20°C ）。

解 查表 1-1 可知，铜的电阻率为 $0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ，用式 (1-1) 可求出电阻值。

表 1-1 常用导体材料的电阻率 (20℃) 和温度系数 (0~100℃)

材料名称	电阻率 /(Ω·mm ² /m)	温度系数 /℃ ⁻¹	材料名称	电阻率 /(Ω·mm ² /m)	温度系数 /℃ ⁻¹
银	0.0165	0.0036	铁	0.100	0.0055
铜	0.0175	0.0039	锡	0.114	0.00438
铝	0.0283	0.0040	铅	0.222	0.00387
钨	0.0490	0.0050	碳	10.0	-0.00002
镍	0.0720	0.0061			

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0.0175 \times \frac{100}{2.5} = 0.7 \Omega$$

例 1-2 有一段导体, 其电阻为 4Ω , 将其对折后, 其电阻为多少?

解 由于对折后其长度是原来的一半, 其截面积是原来的 2 倍, 根据式(1-1) 可知

$$R' = \rho \frac{l/2}{2S} = \frac{1}{4} R = \frac{1}{4} \times 4 = 1\Omega$$

二、不同温度时的电阻计算

导体的电阻与温度有关。一般情况下, 纯金属的电阻随温度的升高阻值增大, 碳和绝缘体的电阻随温度的升高阻值减小。半导体电阻值与温度的关系很大, 温度稍有增加电阻值减小很大。有的合金如康铜和锰铜的电阻与温度变化的关系不大。电阻随温度变化的这几种情况都很有用处。利用电阻与温度变化的关系可制造电阻温度计, 铂电阻温度计能测量 $-263 \sim 1000^\circ\text{C}$ 的温度, 半导体锗温度计可测量很低的温度。康铜和锰铜是制造标准电阻的好材料。

1. 电阻温度系数的定义

电阻温度系数即导体温度变化 1°C , 其电阻的变化量与变化前的电阻值之比, 用 α 表示, 其单位为 $^\circ\text{C}^{-1}$ 。即

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 (t_2 - t_1)} \quad (1-2)$$

式中 R_1 ——变化前的电阻值；

R_2 ——变化后的电阻值；

t_1 ——变化前的温度；

t_2 ——变化后的温度。

表 1-1 给出了部分导体在 $0\sim 100^\circ\text{C}$ 时的电阻温度系数。由表可知，导体的电阻都会随温度的变化而变化，不同的材料其变化的幅度不同，有正有负。

实际上，电阻温度系数在不同的范围内，其温度系数是不同的。但是对于一般导体，在 $0\sim 100^\circ\text{C}$ 范围内变化很小，可认为基本不变。

2. 实用计算公式

将式(1-2) 进行变换可得

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-3)$$

3. 应用举例

例 1-3 有一铜导体，在温度为 20°C 时，测得电阻为 5Ω ，试问当温度为 60°C 时，该导体的电阻为多少？

解 查表 1-1 可知， $\alpha = 0.0039^\circ\text{C}^{-1}$ ，根据式(1-3)

$$\begin{aligned} R_2 &= R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] = 5 \times [1 + 0.0039(60 - 20)] \\ &= 5.78\Omega \end{aligned}$$

例 1-4 有一台电动机在温度 20°C 时，测得绕组的直流电阻为 1.25Ω ，当该电动机正常工作达到稳定状态时，测得该绕组的直流电阻为 1.45Ω ，试问该电动机此时绕组的温度为多少？

解 查表 1-1 可知， $\alpha = 0.0039^\circ\text{C}^{-1}$ （电动机绕组为铜线）根据式(1-3)

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] = 1.25 \times [1 + 0.0039(t_2 - 20)] = 1.45$$

解得 $t_2 = 61^\circ\text{C}$ 。

三、电阻串联、并联等效电阻的计算

1. 电阻的串联

在电路中，若干个电阻元件依次相连，在各连接点都无分支，

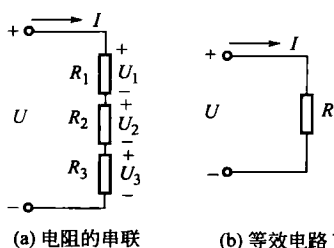


图 1-1 串联电路

这种连接方式称为串联。图 1-1 是三个电阻串联的电路。

电阻串联时其等效电阻（总电阻）等于各电阻之和，即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-4)$$

所谓等效电阻是指如果用一个电阻 R 代替串联的所有电阻接到同一电源上，电路中的电流是相同的。

2. 电阻的并联

在电路中，若干个电阻一端连在一起，另一端也连在一起，使电阻所承受的电压相同，这种连接方式称为电阻的并联。图 1-2 所示为三个电阻并联的电路。

电阻并联时其等效电阻 R 的倒数等于各并联电阻倒数之和，即

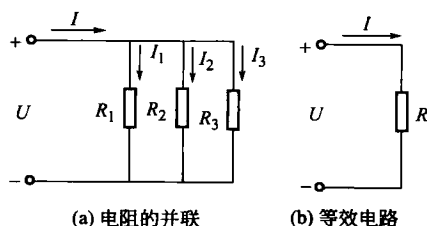


图 1-2 并联电路

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1-5)$$

上式也可写成

$$G = G_1 + G_2 + G_3 \quad (1-6)$$

G 称为电导， $G = \frac{1}{R}$ ，单位为西门子（S）。

式(1-6)表明，并联电路的电导等于各支路电导之和。

对于只有两个电阻 R_1 及 R_2 并联（并联可用符号“//”，即 $R_1 // R_2$ ），则等效电阻为

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

若两个相同的电阻并联，则并联后的等效电阻为单个电阻的 $1/2$ 。

3. 电阻的混联

实际应用中经常会遇到既有电阻串联又有电阻并联的电路,称为电阻的混联电路,如图 1-3 所示。

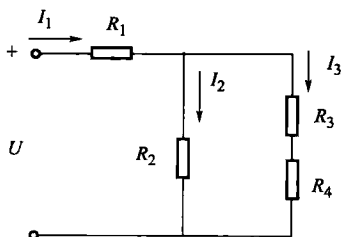


图 1-3 电阻的混联

4. 应用举例

例 1-5 有三个电阻, $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 2\Omega$ 。

(1) 若将三个电阻串联, 求等效电阻 R 。

(2) 若将三个电阻并联, 求等效电阻 R' 。

解 (1) 根据式(1-4), 串联等效电阻 $R = R_1 + R_2 + R_3$, 则

$$R = 6 + 3 + 2 = 11\Omega$$

(2) 根据式(1-5), 并联等效电阻 $\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$, 则

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2}$$

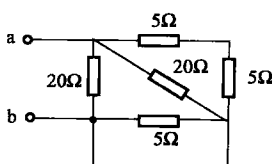
$$R' = 1\Omega$$

例 1-6 电路如图 1-3 所示, 求等效电阻 R 。

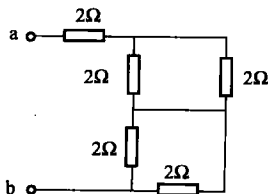
解 由图 1-3 可知, R_3 与 R_4 为串联, 串联后与 R_2 并联, 并联后再与 R_1 串联。为书写方便, 并联用 “//” 表示。

$$R = [(R_3 + R_4) // R_2] + R_1$$

例 1-7 电路如图 1-4 所示, 求等效电阻 R_{ab} 。



(a)



(b)

图 1-4 例 1-7 图

解 图 (a) 中: $R_{ab} = (5 + 5) // 20 // 20 = 5\Omega$