

周勵志 編
李純洁 审

实用电工

计算手册

SHIYONGDIANGONGJISUANSHOUSE

辽宁科学技术出版社

实用电工计算手册
Shiyong Diangong Jisuan Shouce

周勵志 编
李纯洁 审

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)
辽宁省新华书店发行 朝阳新华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 16 1/4 字数: 360,000
1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

责任编辑: 枫 嵐 版式设计: 于 浪
封面设计: 小兵 成喆 责任校对: 东 戈

印数: 1—22,097

ISBN 7-5381-0930-7/TM·48 定价: 7.30元

前 言

电工计算是电工技术的核心内容。正确掌握和熟练运用电工计算的方法和公式，不仅对电工设计和管理人员非常重要，而且对广大电气工人也是必不可少的。

电工常用计算资料和方法以及各种公式、图表等，虽然在许多电工技术书刊中，不同程度地做了一些介绍，但内容比较分散，方法不统一，深浅程度也不够一致。因此在实际应用中查找比较困难，使用不够方便，不能有效地满足工作需要。

为了满足电工计算工作的需要，特别是广大工厂电工日常计算工作的需要，解决经常遇到的实际计算方面的一些问题，特编写了本手册。

本书共分九章，内容包括电工学的常用计算，负荷计算，变压器的常用计算，电动机的常用计算，改善功率因数的有关计算，导线、电缆和常用电器元件的选择，安全用电、计划用电和节约用电的有关计算等。本书在写法上，力求深入浅出、通俗易懂；同时选用的许多计算公式、曲线、图表和方法等也是国内普遍采用的，具有代表性和实用性，适合于技术人员和广大电工的日常工作需要。

由于编著者水平有限，经验不足，书中可能存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

编著者

1989年11月

目 录

第一章 电工学的常用计算	1
第一节 直流电路的计算	1
一、电阻计算	1
二、欧姆定律	5
三、克希霍夫定律	6
四、电源的串、并联计算	10
五、电功率与电能	11
六、电容计算	13
第二节 交流电路的计算	17
一、交流电的基本关系式	17
二、交流电的矢量运算	18
三、单相交流电路的计算	21
四、三相交流电路的计算	28
第三节 磁路的计算	32
一、磁路欧姆定律	32
二、安培环路定律	33
三、电磁铁的吸力	37
四、电与磁的相互作用关系	39
第四节 短路电流的计算	40
一、三相短路电流的计算	40
二、两相短路电流的计算	47
三、低压电网中短路电流的计算	47

四、短路冲击电流	52
第五节 整流电路的计算	52
一、半导体二极管整流电路	52
二、可控硅整流电路	58
第六节 滤波电路的计算	64
一、电容滤波器参数的选择	64
二、电阻、电容 π 型滤波器参数的选择	67
三、电感、电容滤波器参数的选择	68
〔附表〕 常用单位及其换算	70
第二章 负荷计算	82
第一节 按需要系数法确定计算负荷	82
一、设备容量的计算	82
二、相同设备组的计算负荷	84
三、不同设备组的计算负荷	87
四、车间和工厂的总计算负荷	89
第二节 按二项式系数法确定计算负荷	90
一、相同设备组的计算负荷	90
二、不同设备组的计算负荷	94
第三节 确定计算负荷的其他方法	95
一、逐级计算法	95
二、估算法	96
第三章 变压器的常用计算	98
第一节 变压器的基本计算公式	98
一、变压比与电压、电流的关系	98
二、变压器的电压平衡方程和磁势平衡方程	98
三、变压器的电压和磁通的关系	99

四、变压器的电压变化率	99
五、变压器的损耗和效率	99
六、变压器的特性阻抗	103
第二节 变压器台数和容量的选择	105
一、车间变电所变压器台数和容量的选择	105
二、总降压变电所变压器台数和容量的选择	106
第三节 一般小型变压器的计算	109
一、一般变压器的计算	109
二、小型单相变压器的计算	112
三、小型三相变压器的计算	124
第四节 整流变压器的计算	127
一、单相整流变压器的计算	127
二、三相整流变压器的计算	135
第五节 自耦变压器的计算	136
一、自耦变压器的电压、电流和容量关系	136
二、小型自耦变压器的计算	137
第六节 变压器容量的估算	139
〔附表〕常用变压器的技术数据	142
第四章 电动机的常用计算	154
第一节 电动机的计算公式	154
一、直流电动机的基本计算公式	154
二、交流异步电动机的计算公式	156
第二节 交流电动机绕组的有关计算	165
一、电动机绕组	165
二、三相异步电动机	168
三、单相异步电动机	172
四、三相异步电动机改变绕组极数的计算	176

五、三相异步电动机改变绕组电压的计算	179
六、电动机空壳重绕的计算	181
七、确定电动机某些参数的简易计算法	192
八、三相电动机改为单相电动机的计算	196
九、电钻绕组的重绕计算	198
十、电机绕组直流电阻的换算	203
第三节 三相异步电动机改做发电机的有关计算	203
一、绕线型异步电动机改做发电机的计算	203
二、鼠笼型异步电动机改做发电机的计算	207
第四节 电动机的选择	210
一、电动机的型式和电压选择	210
二、电动机的容量选择	212
第五节 感应电动机的合理运行	213
一、感应电动机的最佳负载系数	218
二、对轻负荷电动机的容量下调	220
三、对轻负荷电动机的降压运行	223
〔附表〕 各种常用电动机的技术数据	227
第五章 改善功率因数的有关计算	255
第一节 功率因数的计算	256
一、瞬时功率因数的计算	256
二、平均功率因数的计算	256
三、自然功率因数和总功率因数	258
四、无功功率的经济当量	258
第二节 补偿装置的确定	260
一、补偿容量的确定	260
二、补偿装置的选择	265
三、高、低压电容器的分配关系	280

第六章 导线、电缆和常用电器元件的选择	283
第一节 导线和电缆的选择	283
一、选择导线和电缆的一般原则	283
二、按发热条件选择导线和电缆的截面	285
三、按经济电流密度选择导线和电缆的截面	300
四、按容许电压损耗选择导线和电缆的截面	302
第二节 高压电器元件的选择	317
一、选择的一般条件	317
二、断路器、隔离开关和熔断器的选择	324
三、电流互感器和电压互感器的选择	333
四、母线、绝缘子和穿墙套管的选择	341
五、避雷器的选择	347
第三节 低压电器元件的选择	348
一、低压电器元件的选择条件	348
二、熔断器的选择	349
三、自动开关的选择	361
第四节 电焊及起重设备回路中导线、电缆及 电器元件的选择	368
一、电焊回路中熔断器和电缆的选择	368
二、起重回路中熔断器、自动开关、导线和电缆的选择	370
第五节 照明灯具的选择	379
一、有关照明的光学概念	379
二、常用灯具的特征及选用	390
三、一般照明的计算程序	400
第七章 安全用电计算	414
第一节 防雷保护	414
一、避雷针的保护范围	414

二、避雷线的保护范围	418
三、防雷装置与被保护物的距离	422
四、山坡上避雷针和避雷线的保护范围	423
五、建筑物年计算雷击次数的经验公式	423
第二节 接地和接零保护	424
一、保护接地	424
二、保护接零	440
第三节 继电保护	444
一、供电线路的继电保护	444
二、电力变压器的继电保护	449
三、母线的继电保护	451
第四节 有关人身触电的计算	451
一、电流对人体的作用	451
二、触电的有关计算	453
〔附表〕常用继电器的技术数据	455
第八章 有关计划用电和节约用电的计算	460
第一节 计划用电	460
一、单位产品电耗	460
二、电费的有关计算	461
第二节 节约用电	467
一、几种节约用电的计算方法	467
二、目着国家推广使用的节能产品	468
第九章 其他常用电工计算	470
第一节 电加热的有关计算	470
一、常用电热合金材数及性能参数	470
二、一般小型电阻炉的计算	478

三、盐浴电阻炉的计算	480
四、远红外线加热的计算	481
第二节 电磁开关线圈的计算	489
一、基本计算公式	489
二、利用已有铁芯重绕线圈的计算	490
三、电源电压改变时, 线圈的改绕计算	492
第三节 水泥电杆的有关计算	499
一、电杆的负荷计算	499
二、电杆的埋深计算	503
三、地耐力计算	506
〔附表〕架空导线弛度表	506

第一章 电工学的常用计算

第一节 直流电路的计算

一、电阻计算

(1) 导体的电阻

导体的电阻决定于导体材料的物理性质、几何尺寸和导体的温度。可用下式表示

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

式中 R —— 电阻 (欧姆) ;
 ρ —— 电阻率 (欧姆·毫米²/米) ;
 l —— 导体长度 (米) ;
 S —— 导体截面积 (毫米²) ;

导体的电阻随其温度不同而有所变化。其关系式为

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-2)$$

式中 α —— 电阻温度系数 (1/°C) ;
 R_1 、 R_2 —— 温度变化前后的电阻 (欧姆) ;
 t_1 、 t_2 —— 变化前后的温度 (°C)。

几种常用导体的电阻率和电阻温度系数见表1—1。

(2) 电路中的电阻

电路中的电阻, 有串联、并联和混联等三种联接方式, 此外还有星形和三角形联接 (图1—1) 。

• 1 •

表1—1 几种导体的电阻率和电阻温度系数

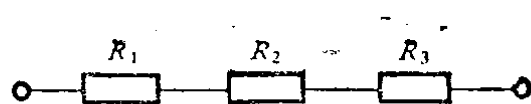
导体材料	20℃时的电阻率 (欧姆·毫米 ² /米)	电阻温度系数 (1/℃)
银	0.0165	0.00361
铜	0.0175	0.0041
金	0.022	0.00365
铝	0.029	0.00423
铂	0.0477	0.00479
钨	0.049	0.0044
锌	0.059	0.0039
镍	0.073	0.00621
铁	0.0978	0.00625
钴	0.105	0.00398
锡	0.114	0.00438
铅	0.206	0.0041
汞	0.958	0.0009
康铜 (54%铜, 46%镍)	0.50	0.00004
铜镍锌合金	0.42	0.00004
锰铜 (86%铜、12% 锰、1%镍)	0.40	0.00002

1. 串联 (图1—1,a) 。串联电阻的计算公式为

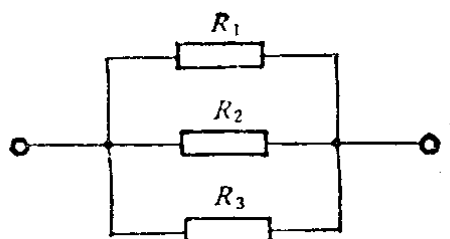
$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-3)$$

式中 R —— 串联总电阻 (欧姆) ;

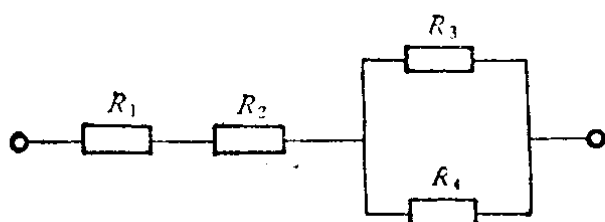
R_1 、 R_2 、 R_3 —— 各串联分电阻 (欧姆) 。



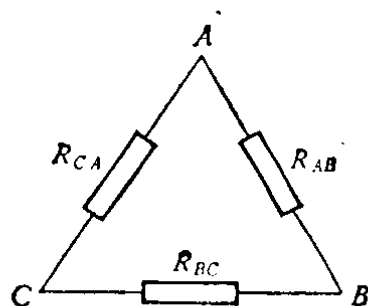
(a)



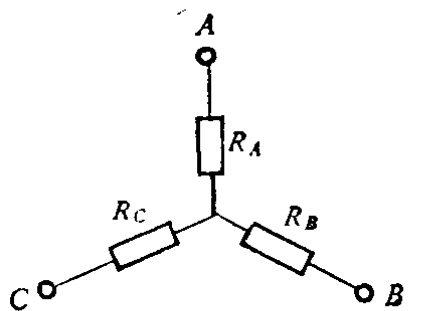
(b)



(c)



(d)



(e)

(a) 串联; (b) 并联; (c) 混联; (d) 三角形联接; (e) 星形联接

图1—1 电路中电阻的联接

2. 并联 (图1—1,b) 。并联电阻的计算公式为

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

或
$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (1-4)$$

式中 R —— 并联总电阻 (欧姆) ;
 R_1 、 R_2 、 R_3 —— 各并联分电阻 (欧姆) 。

3. 混联 (图1—1, c)。混联电阻的计算公式为

$$R = R_1 + R_2 + \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \quad (1-5)$$

式中 R —— 混联总电阻 (欧姆) ;
 R_1 、 R_2 —— 串联分电阻 (欧姆) ;
 R_3 、 R_4 —— 并联分电阻 (欧姆) 。

4. 三角形联接和星形联接 (图1—1, d、e)。在电阻计算中, 经常要把三角形联接变换成星形联接, 或者进行相反的变换。其变换公式为

三角形联接 → 星形联接:

$$\left. \begin{aligned} R_A &= \frac{R_{AB} R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}} \\ R_B &= \frac{R_{AB} R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}} \\ R_C &= \frac{R_{BC} R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}} \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

式中 R_A 、 R_B 、 R_C —— 星形联接的各边电阻 (欧姆) ;
 R_{AB} 、 R_{BC} 、 R_{CA} —— 三角形联接的各边电阻 (欧姆) 。

星形联接 → 三角形联接:

$$\left. \begin{aligned} R_{AB} &= R_A + R_B + \frac{R_A R_B}{R_C} \\ R_{BC} &= R_B + R_C + \frac{R_B R_C}{R_A} \\ R_{CA} &= R_C + R_A + \frac{R_C R_A}{R_B} \end{aligned} \right\} \quad (1-7)$$

二、欧姆定律

(1) 部分电路的欧姆定律

图1—2表示部分电路。实践证明，通过该部分电路的电流与其两端电压成正比，而与其电阻成反比，这个关系叫做欧姆定律。用公式表示为

$$I = \frac{U}{R}$$

或 $U = IR \quad (1-8)$

式中 I —— 电流（安培）；

U —— 电压（伏特）；

R —— 电阻（欧姆）。

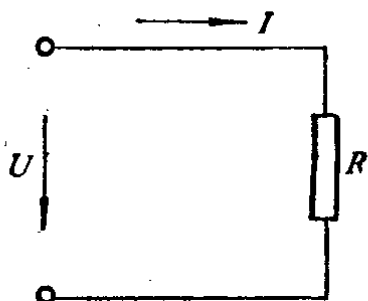


图1—2 部分电路

(2) 全电路的欧姆定律

图1—3是简单的全电路，它由电源、负载和联接导线组成。全电路欧姆定律的关系式为

$$I = \frac{E}{R + r}$$

或 $U = E - Ir \quad (1-9)$

式中 I —— 电流（安培）；

E —— 电源电势（伏特）；

R —— 负载电阻（欧姆）；

r —— 电源内电阻（欧姆）；

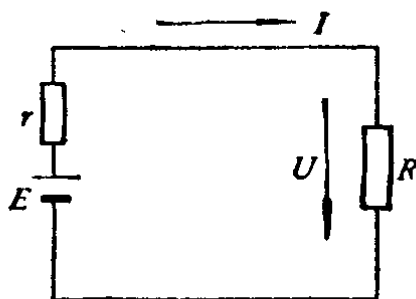


图1—3 全电路

U ——负载端电压（伏特）。

三、克希霍夫定律

对于比较复杂的电路，在进行计算时通常使用克希霍夫定律。它既适用于直流电路，也适用于交流电路。所以它是分析、计算电路的基本定律。

（1）克希霍夫第一定律

克希霍夫第一定律又叫节点电流定律。它的内容是：流进一个节点的电流之和恒等于流出这个节点的电流之和。或者说流过任意一个节点的电流的代数和为零。其数学表达式为

$$\sum I = 0 \quad (1-10)$$

图1—4表示有5个电流汇交的节点，根据图中标出的电流方向，可列出该节点的电流方程式为

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

即 $I_1 - I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$ ($\sum I = 0$)

对于 $\sum I$ 中各电流 $I_1 \cdots I_5$ 的符

号，通常规定：流入节点的电流为正，流出节点的电流为负。

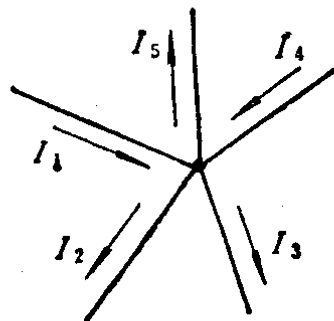


图1—4 有5个电流汇交的节点

（2）克希霍夫第二定律

克希霍夫第二定律又叫回路电压定律。它的内容是：在任意回路中，电势的代数和恒等于各电阻上电压降的代数和。其数学表达式为

$$\sum E = \sum IR \quad (1-11)$$

图1—5表示一个回路，根据克希霍夫第二定律，在列这个回路的电压方程时，通常任意选定一个回路方向（图中虚线所示），并规定与回路方向一致的电势符号为正，反之为

负；与回路方向一致的电压降符号为正，反之为负。所以对于图1—5所示回路，电压方程式为

$$-E_1 + E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

$$(\sum E = \sum IR)$$

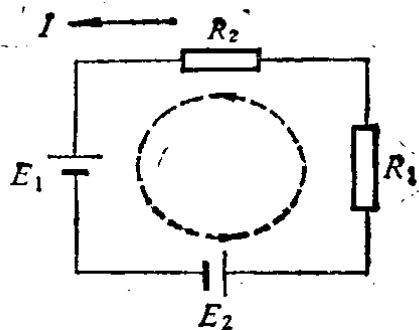


图1—5 有两个电势、两个电阻的回路

(3) 利用克希霍夫定律计算复杂电路

我们计算较复杂的电路时，通常都是已知各电源的电势和电阻值，求各支路的电流。根据已掌握的克希霍夫第一和第二定律，利用一定的方法就能计算任意复杂的电路。下面我们介绍两种常用的解法。

1. 支路电流法。对一个较复杂的电路，先假定各支路电流方向和回路方向，再根据克希霍夫定律列出电流方程和电压方程，然后进行计算，这种方法叫支路电流法。计算步骤如下：

①先假设各支路电流和回路的方向，同时标注在电路上。

②根据克希霍夫第一定律列出节点电流方程式。需要注意的是，设电路有 m 个节点，则可列出 $(m-1)$ 个独立电流方程式。

③根据克希霍夫第二定律列出回路电压方程式。方程式的个数应等于回路（或网孔）数。

④代入已知数，解联立方程式求出各支路电流。对于支路电流的方向，当计算结果为正值时，实际方向与假设方向相同；当计算结果为负值时，实际方向与假设方向相反。

【例题1—1】图1—6所示电路，已知 $E_1 = 18$ 伏， $E_2 = 9$ 伏， $R_1 = R_2 = 1$ 欧， $R_3 = 4$ 欧，求各支路电流。