



实用 SHIYONG DIANGONGJISUANSHOUSE 电工计算手册

◎主 编：方光辉 邓 杨

CBS

湖南科学技术出版社

SHIYONG
DIANGONGJISUANSHOUSE

实用 电工计算手册

常州大学图书馆
藏书章

主 编：方光辉 邓 杨

编 委：张能武 邵健萍 杨小荣 姜 松 张道霞 吴 亮
王 荣 蒋 勇 许佩霞 张茂龙 刘 瑞 杨 杰
刘玉妍 沈 飞 张 洁 周小渔 王春林 李 桥
陈 伟 徐晓东 吴 赛 卢庆生 刘文花 庄卫东

图书在版编目 (C I P) 数据

实用电工计算手册 / 方光辉, 邓 杨 主编. -- 长沙 : 湖南科学技术出版社, 2012. 10

ISBN 978-7-5357-7337-1

I. ①实… II. ①方… ②邓… III. ①电工计算—技术手册 IV. ①TM11-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 190221 号

实用电工计算手册

主 编: 方光辉 邓 杨

责任编辑: 杨 林 龚绍石

文字编辑: 胡捷晖

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731 - 84375808

印 刷: 长沙超峰印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市金洲新区泉洲北路 100 号

邮 编: 410600

出版日期: 2012 年 10 月第 1 版第 1 次

开 本: 850mm×1168mm 1/32

印 张: 18.75

字 数: 655000

书 号: ISBN 978-7-5357-7337-1

定 价: 46.00 元

(版权所有 · 翻印必究)

前 言

随着科学技术的迅猛发展,电工、电子技术已经深入到现代化建设的各个领域,并在各个领域中占据重要地位,发挥着巨大的作用。为了帮助广大电工和电气工程技术人員,解决在实际工作中遇到的各种电工计算问题及生产技术问题,我们组织编写了这本《实用电工计算手册》,以便于广大读者在工作中进行数据、计算公式的查找,进行快速的计算,提高工作效率。

本手册有选择地收集了现代电气工作常用的计算公式和部分相关的数据资料,主要包括:电工常用资料、电路和磁路的计算、变压器的计算、电机的计算、工厂供电的计算、电动机控制线路的计算、低压电器的选择及计算、电力电子和电子电路的计算、电工仪表使用中的计算、特殊生产机械配用电机的功率计算等。本书的主要特点是实用性强,数据全面,计算快速,查找方便。在编写过程中力求使内容简明实用,尽量做到图表化、数据化、条理化,方便查阅与应用,并采用了全新的国家标准和法定计量单位,内容较为丰富,数据准确可靠。本手册可供从事电工专业工作的技术工人及工程技术人员参考,可供相关领域的管理人员使用,同时也可供相关专业的师生参考。

本手册由江南大学方光辉、邓杨主编,参加编写的人员有:张能武、邵健萍、杨小荣、姜松、张道霞、吴亮、王荣、蒋勇、许佩霞、张茂龙、刘瑞、杨杰、刘玉妍、沈飞、张洁、周小渔、王春林、李桥、陈伟、徐晓东、吴赛等。我们在编写过程中参考了相关图书出版物,并得到有关工厂企业、高等院校等单位的大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2012年7月26日

目 录

第一章 电工常用资料	1
第一节 常用数学公式	1
一、展开式	1
二、分式	1
三、根式	2
四、比例	2
五、等差数列	2
六、等比数列	2
七、级数	3
八、指数公式	3
九、对数公式	3
十、方程求解	4
十一、平均数(值)	5
十二、三角函数	5
十三、复数	10
十四、函数	10
第二节 常用计量单位与换算	11
一、法定计量单位	11
二、常用计量单位的换算	13
第三节 电气图形符号和文字符号	19
一、电气图形符号	19
二、电气文字符号	32
第四节 常用电气计算公式	38
一、电工基础	38
二、供电线路、整流电源	41

三、电动机	46
四、电热、照明	54
五、电磁铁、电抗器、变压器	56
第二章 电路和磁路	60
第一节 电工学基本定律	60
一、电路基本定律	60
二、磁路基本定律	62
第二节 常用电路参数计算	63
一、导体的电阻	63
二、电感、感抗	67
三、电容、容抗	74
四、阻抗	75
第三节 直流电路的计算	77
一、简单直流电路的分析计算	77
二、复杂直流电路的分析计算	80
第四节 单相正弦交流电路计算	86
一、相量计算法	86
二、电路计算方法	87
第五节 三相正弦交流电路计算	94
一、对称三相电源的电压	94
二、三相对称电路的功率	96
三、三相不对称电路	98
四、三相对称负载星形连接时电压与电流计算	102
五、三相对称负载三角形连接时电压与电流计算	104
第六节 非正弦周期电流电路计算	106
一、电流、电压有效值及平均功率	106
二、非正弦周期电流电路	107
第七节 磁路计算	109
一、磁路定则及基本量	109
二、磁路计算	112

三、铁心线圈功率损耗	112
第三章 变压器	114
第一节 变压器原理及计算	114
一、变压器空载运行	114
二、变压器负载运行	116
三、变压器的运行特性	119
四、变压器过载运行方式	121
五、变压器能量流程图	125
六、变压器容量的估算	126
第二节 小型单相变压器的计算	128
一、小型单相变压器的计算公式与说明	128
二、小型单相变压器的设计计算	130
第三节 小型三相变压器的计算	143
小型三相变压器的计算公式与说明	143
第四节 变压器绝缘干燥及计算	155
一、变压器干燥条件	155
二、干燥工艺	157
三、干燥法计算	158
第四章 电动机	167
第一节 三相交流异步电动机的参数计算	167
一、旋转磁场的转速	167
二、转差及转差率	167
三、定子电动势、电压，转子电动势和功率因数	168
四、转矩	170
五、效率	172
第二节 三相交流异步电动机定子绕组的计算	172
一、定子绕组的匝数	172
二、导线截面	180
第三节 三相交流异步电动机改极和改成单相电动机的计算	192
一、三相异步电动机改极	192

二、三相电动机改为单相电动机	194
第四节 绕组导线替代换算	197
一、改变线圈导线的并绕根数	197
二、改变绕组的并联支路数	197
三、改变绕组的接线方式	198
四、查表计算	199
第五节 三相交流异步电动机改变绕组电压的计算	210
一、通过改变接线方式,以改变绕组电压	210
二、改压重绕	211
第六节 直流电机改电压及绕组重绕计算	212
一、直流电机改电压	212
二、直流电机绕组重绕	214
第七节 直流电动机调速及启动计算	217
一、并励直流电动机调速	217
二、串励直流电动机调速	219
三、复励直流电动机调速	220
四、直流电动机限制启动电流的方法	221
五、并励直流电动机启动电阻的计算	221
六、他励直流电动机启动电阻的计算	223
第八节 直流电枢绕组及励磁绕组计算	223
一、直流电动机电枢绕组的基本形式	223
二、励磁绕组采用的形式	225
第九节 直流电动机制动方式及计算	227
一、直流电动机制动概念	227
二、能耗制动	228
三、电源反接制动	229
四、倒拉反接制动	230
五、回馈制动	230
第五章 工厂供电	232
第一节 工厂电力负荷的计算	232

一、三相用电设备组的计算负荷	232
二、单相设备组等效三相负荷的计算	242
三、供电功率损耗和电能损耗	245
四、工厂计算负荷及年耗电量	250
五、尖峰电流	253
第二节 电线与电缆截面的选择及计算	255
一、按发热条件选择电线和电缆的截面	255
二、按经济电流密度选择电线和电缆的截面	279
第三节 提高功率因数的计算	281
一、供配电线路中的功率损耗	281
二、并联电容器的电流	283
三、并联电容器的补偿容量	283
四、选择补偿电容器容量时需要注意的问题	289
第四节 线路施工计算	293
导线力学及弛度	293
第五节 接地和防雷装置的计算	302
一、接地装置	302
二、防雷装置	315
第六章 电动机控制线路	320
第一节 电动机启动控制线路计算	320
一、三相异步电动机直接启动条件	320
二、三相异步电动机电阻降压启动控制线路	320
三、三相异步电动机自耦变压器减压启动控制线路	322
四、三相异步电动机星形-三角形减压启动控制线路	325
五、三相异步电动机延边三角形减压启动控制线路	326
六、三相线绕式异步电动机启动控制线路	328
七、直流电动机启动控制线路	332
第二节 电动机制动控制线路计算	336
一、反接制动电阻	336
二、三相异步电动机能耗制动线路	337

三、他励直流电动机的制动电阻	340
第三节 电动机调速控制线路的计算	341
一、调速系统的主要技术指标	341
二、直流电动机的转速	342
三、直流电动机调速时的功率和转矩	347
四、三相异步电动机的转速	348
第四节 电动机控制线路的电流计算	350
一、主电路电流	350
二、控制电路电流	352
三、辅助电路电流	352
第七章 低压电器	353
第一节 开关与熔断器的选用和计算	353
一、断路器的选用	353
二、刀开关和转换开关的选用	366
三、熔断器的选用	369
四、熔断器及其导线的级间配合	376
第二节 接触器的选用与计算	380
一、交流接触器的选用	380
二、直流接触器的选用	384
第三节 热继电器的选用与计算	387
一、热继电器的选用	387
二、热继电器的主要技术参数	393
三、热继电器的计算	395
第四节 保护继电器与时间继电器的选用与计算	396
一、保护继电器	396
二、时间继电器的选用	398
三、继电器加速与延缓电路	399
第五节 交流接触器和电磁铁直流无声运行元件的选择	405
一、交流接触器和直流无声运行元件的选择	405
二、无声节能接触器直流线圈的计算	413

第六节 电磁铁的选用及计算	415
一、电磁铁的分类、特点及用途	415
二、交流、直流电磁铁的比较	416
三、各类形式电磁铁结构特点及吸力特性比较	416
四、衔铁作直线运动的制动电磁铁的选用	416
五、衔铁作旋转运动的制动电磁铁的选用	418
第八章 电力电子和电子常用单元电路	419
第一节 电力电子技术计算	419
一、交流变换电路	419
二、单相控制整流电路	422
三、三相相控整流电路	434
第二节 电子电路的计算	442
一、整流电路	442
二、滤波电路	449
三、晶闸管电路	454
四、集成运算放大电路	484
五、晶体管单元放大电路的计算公式	497
六、数字电路	513
第九章 电工仪表使用中的计算	539
一、测量误差及准确度	539
二、电表量程的扩大	541
三、功率及电能测量	545
四、有功电能	548
第十章 特殊生产机械配用电机的功率	551
第一节 起重机用电动机功率计算	551
一、起升机构电动机的功率	551
二、运行机构电动机的功率	558
第二节 压缩机类、泵类及风机类配用电机的功率计算	574
一、压缩机类配用电机的功率	574
二、泵类配用电机的功率	578

三、风机类配用电机的功率	580
第三节 金属切削机床选择电动机功率的统计法	581
一、车床	581
二、立式车床	581
三、摇臂钻床	581
四、卧式镗床	582
五、外圆磨床	582
六、龙门铣床	582
参考文献	584

第一章 电工常用资料

第一节 常用数学公式

一、展开式

$$(x+a)(x+b)=x^2+(a+b)x+ab$$

$$(a\pm b)^2=a^2\pm 2ab+b^2$$

$$(a\pm b)^3=a^3\pm 3a^2b+3ab^2\pm b^3$$

$$(a+b+c)^2=a^2+b^2+c^2+2ab+2bc+2ca$$

$$(a+b+c)^3=a^3+b^3+c^3+3a^2b+3ab^2+3b^2c+3bc^2+3a^2c+3ac^2+6abc$$

$$a^2-b^2=(a+b)(a-b)$$

$$a^3\pm b^3=(a\pm b)(a^2\mp ab+b^2)$$

$$a^3+b^3+c^3-3abc=(a+b+c)(a^2+b^2+c^2-ab-bc-ca)$$

$$a^4+a^2b^2+b^4=(a^2+ab+b^2)(a^2-ab+b^2)$$

$$(ax+b)(cx+d)=acx^2+(ad+bc)x+bd$$

二、分式

基本性质: $\frac{a}{b}=\frac{am}{bm} (m\neq 0)$

分式加减: $\frac{a}{b}\pm\frac{c}{b}=\frac{a\pm c}{b}, \frac{a}{b}\pm\frac{c}{d}=\frac{ad\pm bc}{bd}$

分式相乘: $\frac{a}{b}\times\frac{c}{d}=\frac{ac}{bd}$

分式相除: $\frac{a}{b}\div\frac{c}{d}=\frac{ad}{bc}$

分式乘方: $\left(\frac{a}{b}\right)^n=\frac{a^n}{b^n}$

分式开方: $\sqrt[n]{\frac{a}{b}}=\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$

三、根式

基本性质: $(\sqrt[n]{a})^n = \sqrt[n]{a^n} = a \quad (a \geq 0)$

变形规则:

$$(\sqrt[n]{a})^n = \sqrt[n]{a^n} \quad (a \geq 0),$$

$$(\sqrt[n]{a^{mp}}) = \sqrt[n]{a^m} \quad (a \geq 0)$$

$$\sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \sqrt[n]{b} \quad (a \geq 0) \quad (b \geq 0)$$

$$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} \quad (a \geq 0) \quad (b \geq 0)$$

四、比例

比例式: $a:b=c:d$ 或 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ (a, b, c, d 均不为零)

内外项定理: $ad=bc$

反比定理: $b:a=d:c$ 或 $\frac{b}{a} = \frac{d}{c}$

更比定理: $a:c=b:d$ 或 $\frac{a}{c} = \frac{b}{d}$

合比定理: $\frac{a+b}{b} = \frac{c+d}{d}$

分比定理: $\frac{a-b}{b} = \frac{c-d}{d}$

分合比定理: $\frac{a+b}{a-b} = \frac{c+d}{c-d}$ 或 $\frac{a-b}{a+b} = \frac{c-d}{c+d}$

等比定理: 设 $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f}$, 那么 $\frac{a+c+e}{b+d+f} = \frac{a}{b}$

五、等差数列

通项: $a_n = a_1 + (n-1)d$ (d 为公差)

前 n 项和: $S_n = \frac{a_1 + a_n}{2} n = na_1 + \frac{n(n-1)}{2} d$

等差中项: 设 a, b, c 为等差数列, 那么 $b = \frac{a+c}{2}$

六、等比数列

通项: $a_n = a_1 q^{n-1}$ (q 为公比)

$$\text{前 } n \text{ 项和: } S_n = \frac{a_1 - a_n q}{1 - q} = \frac{a_1 (1 - q^n)}{1 - q} = \frac{a_1 (q^n - 1)}{q - 1}$$

等比中项: 设 a, b, c 成等比数列, 那么 $b = \pm \sqrt{ac}$

七、级数

$$\begin{aligned} \text{等差级数之和: } S &= a + (a + d) + (a + 2d) + \cdots + [a + (n - 1)d] \\ &= \frac{n[2a + (n - 1)d]}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{等比级数之和: } S &= a + aq + aq^2 + \cdots + aq^{n-1} \\ &= a \frac{1 - q^n}{1 - q} = a \frac{q^n - 1}{q - 1} \end{aligned}$$

八、指数公式

m, n 为正整数, a, b 为正实数, 那么:

$$a^m \times a^n = a^{m+n}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

$$(a^m)^n = a^{nm}$$

$$(a \times b)^n = a^n \times b^n$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = \sqrt[n]{a^m} = (\sqrt[n]{a})^m$$

$$\sqrt[n]{a} \times \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a \times b}$$

$$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}$$

$$\sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[nm]{a}$$

$$a^0 = 1$$

九、对数公式

x, y, a, b, c 为正实数, 那么:

$$\log_a a = 1$$

$$\log_a 1 = 0$$

$$\log_a (x \cdot y) = \log_a x + \log_a y$$

$$\log_a \frac{y}{x} = \log_a y - \log_a x$$

$$\log_a x^n = n \log_a x$$

$$\log_a x^{\frac{1}{n}} = \frac{1}{n} \log_a x$$

$$\log_a x = \log_a b \times \log_b x$$

$$\log_a b = \frac{\log_c b}{\log_c a}$$

$$\log_a b \times \log_b a = 1$$

$$\lg x = \lg e \times \ln x = 0.4343 \ln x \quad (\text{其中 } e = 2.7182818)$$

十、方程求解

1. 一元二次方程求解

$ax^2 + bx + c = 0$, a, b, c 是实数, 且 $a \neq 0$, 那么该方程的根为:

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

且根与系数的关系为:

$$x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}, \quad x_1 x_2 = \frac{c}{a}$$

判别式为:

$$b^2 - 4ac = \begin{cases} > 0 & \text{不等二实根} \\ = 0 & \text{相等二实根} \\ < 0 & \text{共轭复数根} \end{cases}$$

2. 二元一次方程组求解

方程组是:

$$\begin{cases} a_1 x + b_1 y = c_1 \\ a_2 x + b_2 y = c_2 \end{cases}$$

那么该方程组的根为:

$$x = \frac{\begin{vmatrix} c_1 & b_1 \\ c_2 & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} = \frac{c_1 b_2 - c_2 b_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1},$$

$$y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & c_1 \\ a_2 & c_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} = \frac{a_1 c_2 - a_2 c_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}$$

3. 三元一次方程组求解

方程组是：

$$\begin{cases} a_1x + b_1y + c_1z = d_1 \\ a_2x + b_2y + c_2z = d_2 \\ a_3x + b_3y + c_3z = d_3 \end{cases}$$

那么该方程组的根为：

$$x = \frac{\begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}}{\Delta}, \quad y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & d_1 & c_1 \\ a_2 & d_2 & c_2 \\ a_3 & d_3 & c_3 \end{vmatrix}}{\Delta}, \quad z = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & d_2 \\ a_3 & b_3 & d_3 \end{vmatrix}}{\Delta}$$

式中

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} \neq 0$$

十一、平均数(值)

1. 算术平均数

如果 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 都是正数，那么这些数的算术平均数为：

$$a_{av(1)} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

2. 几何平均数

如果 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 都是正数，那么这些数的几何平均数为：

$$a_{av(2)} = \sqrt[n]{a_1 a_2 a_3 \dots a_n}$$

3. 加权平均数

如果 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 都是正数， $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ 分别对应地为其权数，那么这些数的加权平均数为：

$$a_{av(3)} = \frac{a_1 f_1 + a_2 f_2 + a_3 f_3 + \dots + a_n f_n}{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n}$$

十二、三角函数

1. 三角函数定义

三角函数定义见表 1-1。