

超值双色版
22元

电工计算

一学就会

DIANGONG JISUAN

YIXUE JIUHUI

雷晓平 陈学平 编著

简单实用的电工技能
一学就会的奇招妙招



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电工计算

一学就会

雷晓平 陈学平 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书立足于解决实际问题,按照实用和够用的原则,选取初、中级电工应知应会的部分电工计算公式进行讲解,主要介绍了电工学常用电路与磁路的计算、电工测量中的常用计算、电动机和变压器常用计算、工厂供电常用计算、照度计算、其他常用的电工计算等知识,主要目的是指导电工怎样使用相关公式进行计算。

书中尽量避免对公式推导过程的详细分析,以符合初、中级电工的阅读习惯。本书适合初、中级电工学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工计算一学就会/雷晓平,陈学平编著. —北京:中国电力出版社,2014.9

ISBN 978-7-5123-5948-2

I. ①电… II. ①雷… ②陈… III. ①电工计算 IV. ①TM11

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第108595号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014年9月第一版 2014年9月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 9印张 234千字

印数0001—3000册 定价22.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

电工人员在日常工作中经常需要查阅一些计算公式或数据,同时在工作时也会遇到自己需要进行计算的情形,因此,本书对电工日常工作中的常用计算公式和计算方法进行了举例说明,以便让读者在遇到同类计算时参考,这样读者使用起来既快捷又方便,本书正是为了满足这一需要而编写的。

本书在编写过程中,本着从电工日常工作的实际需要出发,在内容上力求简明实用、通俗易懂。

本书主要内容如下。

第1章 电工学常用计算,主要介绍电路与磁路的计算,电路中常用元件的参数计算,直流、交流电路的分析计算、简单线性动态电路的分析计算等。

第2章 电工测量中的常用计算,主要介绍电工测量中的误差计算及电压、电流、电阻、电感和电容的测量计算、功率的测量、有功电量的测量计算等。

第3章 电动机和变压器常用计算,主要介绍直流电动机、交流电动机、小型变压器常用的计算及公式。

第4章 工厂供电常用计算,主要介绍电力负载、短路电流、高低压电气设备的选择与校验、导线与电缆、母线的选择计算、接地与防雷的计算。

第5章 照度计算,主要介绍利用系数法的计算公式和部分数据表及照明方面的计算,如功率法的计算公式和部分数据表、概算曲线法、逐点照度计算法。

第6章 其他常用的电工计算,主要介绍了电阻炉的计算、UPS 蓄电池配置的相关计算、LED 显示屏大小的计算等。

本书的一大特点是内容新颖,简明实用,反映现代电气技术,对原理的阐述简略,尽量以图表的形式介绍电气设备的技术

资料，以使读者一目了然，便于读者理解和快速查找有关内容。

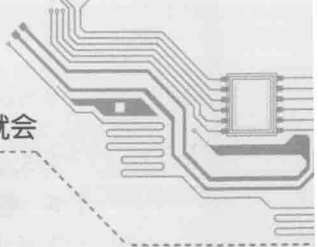
本书的另一特点是起点低，可供具有初中文化程度的电工使用，但也兼顾了不同技术水平的读者需要，故实用面广泛。

本书由重庆电子工程职业学院的雷晓平老师和陈学平老师编写，在编写过程中查阅和参考了各种资料，在此向资料的原作者表示感谢。

由于作者水平所限，书中难免存在疏漏之处，敬请读者批评指正。

陈学平

2014年7月



目 录

前言

第 1 章 电路与磁路的计算

1.1 电路中常用元件的参数计算	1
1.1.1 电阻元件的参数计算	1
1.1.2 电感元件的参数计算	2
1.1.3 电容元件的参数计算	3
1.2 电路与磁路计算的基本定律	6
1.2.1 电路计算的基本定律	6
1.2.2 磁路计算的基本定律	11
1.3 直流电路的分析计算	12
1.3.1 电阻的等效变换	12
1.3.2 电源的等效变换	15
1.3.3 支路电流法	18
1.3.4 网孔电流法	19
1.3.5 节点电位法	20
1.3.6 叠加定理	22
1.3.7 戴维南定理	23
1.3.8 负载获得最大功率条件及最大功率计算	23
1.4 交流电路的分析计算	25
1.4.1 正弦交流电的表示	25
1.4.2 单相正弦交流电路的分析计算	26
1.4.3 三相正弦交流电路的分析计算	35
1.5 简单线性动态电路的分析计算	41
1.5.1 换路定律及初始值的确定	41
1.5.2 一阶线性动态电路的分析计算	43

1.5.3	二阶线性动态电路的分析计算	49
1.6	磁路的计算	52
1.6.1	恒定磁通无分支磁路计算	52
1.6.2	交流磁路的计算	53

第 2 章 电工测量中的常用计算

2.1	电工测量中的误差计算	57
2.1.1	绝对误差	57
2.1.2	相对误差	57
2.1.3	引用误差	58
2.1.4	仪表的准确度	58
2.2	电压的测量计算	60
2.2.1	直流电压的测量计算	60
2.2.2	交流电压的测量计算	61
2.3	电流的测量计算	62
2.3.1	直流电流的测量计算	62
2.3.2	交流电流表的测量计算	63
2.4	电阻的测量计算	64
2.4.1	使用万用表直接测量	64
2.4.2	采用伏安法测量电阻	65
2.4.3	采用直流电桥平衡条件测量电阻	65
2.5	电感和电容的测量计算	67
2.5.1	采用交流电桥测量电感	67
2.5.2	采用交流电桥测量电容	68
2.6	功率的测量计算	68
2.6.1	功率的测量方法	68
2.6.2	电动系功率表的使用方法	69
2.6.3	功率测量计算	71
2.7	有功电量的测量计算	74
2.7.1	电能表的接线	74
2.7.2	有功电量的测量计算	75

第 3 章 电动机和变压器常用计算

3.1 直流电动机的常用计算	78
3.1.1 直流电动机的基本计算	79
3.1.2 直流电动机的机械特性及电动机组 稳定运行的条件	82
3.1.3 直流电动机的起动、调速和制动	85
3.2 交流电动机的常用计算	97
3.2.1 单相异步电动机的工作原理	97
3.2.2 三相异步电动机的基本计算	100
3.2.3 三相异步电动机的转矩和机械特性	108
3.2.4 三相异步电动机的起动、调速 和制动	112
3.2.5 三相异步电动机空壳重载计算	125
3.3 小型变压器常用的计算公式	133
3.3.1 变压器工作原理及常用公式	133
3.3.2 小型单相变压器的设计计算	136
3.3.3 小型三相变压器的计算	143

第 4 章 工厂供电常用计算

4.1 电力负载常用计算	147
4.1.1 三相用电设备组的计算负载的确定	148
4.1.2 单相用电设备组的计算负载的确定	158
4.1.3 尖峰电流计算	162
4.1.4 供电系统功率损耗及电能损耗 的计算	163
4.1.5 全厂计算负载的确定	166
4.1.6 功率因数及无功功率补偿的计算	170
4.2 短路电流的计算	174
4.2.1 三相短路电流的计算	174
4.2.2 两相短路电流和单相短路电流 的计算	183

4.3 高低压电气设备的选择与校验	184
4.3.1 电气设备选择与校验原则	184
4.3.2 高压断路器和隔离开关的选择 与校验	187
4.3.3 高低压熔断器的选择与校验	190
4.3.4 低压断路器的选择与校验	196
4.3.5 互感器的选择与校验	202
4.3.6 电力变压器的选择	214
4.4 导线与电缆、母线的选择计算	217
4.4.1 导线与电缆截面选择的条件	217
4.4.2 按发热条件选择导线和电缆截面 的计算	218
4.4.3 按经济电流密度选择导线和电缆 截面的计算	219
4.4.4 线路电压损耗的计算	222
4.4.5 母线的选择及校验	225
4.5 接地与防雷的计算	229
4.5.1 接地电阻的计算	229
4.5.2 建筑物年预计雷击次数的经验 计算	237
4.5.3 单支避雷针或避雷线对建筑物保护 范围的计算	238
4.5.4 单支避雷针或避雷线对交流电气装置 保护范围的计算	240

第 5 章 照度计算

5.1 利用系数法的计算公式和部分 数据表	243
5.1.1 利用系数法的相关公式	243
5.1.2 应用利用系数法计算平均照度的 步骤	247

5.2 单位容量 (比功率) 法的计算公式和 部分数据表	249
5.2.1 单位容量	250
5.2.2 房间所需总功率	250
5.2.3 房间所需灯具数	250
5.2.4 应用单位容量法的计算	250
5.3 概算曲线法	252
5.3.1 概算曲线法计算照度	252
5.3.2 概算曲线法确定灯的数量	252
5.4 逐点照度算法	253
5.4.1 水平面上的照度计算	253
5.4.2 垂直面上的照度计算	253
5.4.3 逐点照度算法的计算	254

第 6 章 其他常用的电工计算

6.1 电阻炉的计算	257
6.1.1 电阻丝电阻炉计算	257
6.1.2 碳化硅电阻炉的计算	259
6.2 UPS 蓄电池配置的相关计算	265
6.2.1 蓄电池容量	265
6.2.2 恒功率法	266
6.2.3 估算法	268
6.2.4 电源法	270
6.3 LED 显示屏大小的计算	273
6.3.1 室内显示屏的计算	273
6.3.2 室外显示屏的计算	274

参考文献	276
-------------	-----

电路与磁路的计算

1.1 电路中常用元件的参数计算

1.1.1 电阻元件的参数计算

电阻元件是一种不能储存能量而消耗电能的电路元件，其参数 R 的大小可以表示为

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中 ρ ——导体的电阻率，见表 1-1， $\Omega \cdot \text{m}$ 或者 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ；

L ——导体的长度，见表 1-1， m ；

S ——导体的横截面积，见表 1-1， mm^2 。

导体材料的电阻率决定于材料自身的性质，但由于各种材料的电阻率（见表 1-1）是会随温度而变化的，在通常温度范围内，金属材料的电阻率随温度作线性变化。

表 1-1 一些材料在 20°C 的电阻率及温度系数

材料	电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)	温度系数 ($1/^\circ\text{C}$)	材料	电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)	温度系数 ($1/^\circ\text{C}$)
银	1.65×10^{-8}	4.7×10^{-3}	铜	1.75×10^{-8}	4.3×10^{-3}
金	2.40×10^{-8}	4.0×10^{-3}	铝	2.83×10^{-8}	4.2×10^{-3}
钨	5.48×10^{-8}	5.3×10^{-3}	锌	5.9×10^{-8}	4.2×10^{-3}
铁	9.78×10^{-8}	4.9×10^{-3}	铂	2.22×10^{-7}	3.9×10^{-3}
锂	9.4×10^{-8}	4.6×10^{-3}	铅	2.06×10^{-7}	4.2×10^{-3}
碳 (非晶态)	3400×10^{-8}	-4.6×10^{-4}	水银	9.58×10^{-7}	0.99×10^{-3}

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$$

式中 R_t ——导体在 $t^\circ\text{C}$ 的电阻, Ω ;

R_{20} ——导体在 20°C 的电阻, Ω ;

α ——电阻的温度系数, $1/^\circ\text{C}$;

t ——温度, $^\circ\text{C}$ 。

【例 1-1】 电厂到用户两地之间原用电阻率为 ρ_1 、横截面半径为 r_1 的导线输电, 由于农村电网改造需要换为电阻率为 ρ_2 的导线输电, 为达到原输电线路电阻不变的设计要求, 新换导线的半径为多大?

解 电阻参数的表达式为

$$R = \rho_1 \frac{L}{\pi r_1^2} = \rho_2 \frac{L}{\pi r_2^2}$$

所以, 新换导线的半径为

$$r_2 = r_1 \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$$

【例 1-2】 某导线在温度为 20°C 时的电阻值为 15Ω , 已知该导线的电阻率随温度作线性变化, 且 $\alpha = 0.0042^\circ\text{C}^{-1}$, 计算该导线在 40°C 的电阻值。

解 根据题意得

$$\begin{aligned} R_{40} &= R_{20} [1 + \alpha(t - 20)] \\ &= 15 \times [1 + 0.0042 \times (40 - 20)] = 16.3(\Omega) \end{aligned}$$

1.1.2 电感元件的参数计算

电感元件是一种不消耗能量而储存磁场能的元件, 其参数的大小与它的结构相关。下面介绍几种经典结构的电感元件的参数计算。

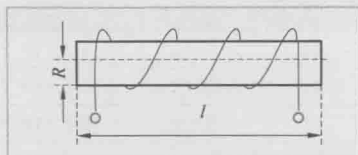


图 1-1 长螺线管线圈

1. 长螺线管线圈的电感

如图 1-1 所示, 长螺线管线圈的电感公式为

$$L = \frac{\mu_0 SN^2}{l}, \text{ 其中 } \frac{R}{l} > 40$$

式中 L ——线圈的电感, H, $1\text{H}=1000\text{mH}$;

μ_0 ——介质的磁导率, H/m, $\mu_0=4\pi\times 10^{-7}$;

S ——螺线管线圈的截面积, m^2 ;

N ——线圈的匝数;

l ——线圈的长度, m。

2. 环形线圈的电感

如图 1-2 所示, 环形线圈的电感公式为

$$L = \mu R \left(\ln \frac{8R}{r} - 1.75 \right) \quad (r \ll R)$$

式中 r ——圆环截面的面积。

3. 电感元件的串、并联等效电感

(1) 每一只电感线圈都具有一定的电感量, 如果将 n 只电感线圈串联起来, 总电感量是增大的, 串联后的等效电感为

$$L_{\text{等}} = L_1 + L_2 + \dots + L_k = \sum_{k=1}^n L_k$$

(2) 将 n 只电感线圈并联起来, 总电感量是减小的, 并联后的等效电感为

$$\frac{1}{L_{\text{等}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_k} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{L_k}$$

注: 上述公式仅限于连接的各电感无互感效应。有互感效应的电感元件的串、并联的等效电感另当别论。

1.1.3 电容元件的参数计算

电容元件是一种不消耗能量而储存电场能的元件, 其参数的大小与它的结构相关。下面介绍几种经典结构的电容元件的参数计算。

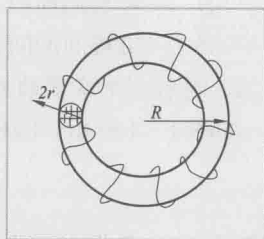


图 1-2 环形线圈

1. 平板电容器的电容

平板电容器由两个彼此靠得很近的平行极板组成，如图 1-3 所示，若我们略去极板的边缘效应，把两极板间的电场看成是均匀电场，则平板电容器的电容公式为

$$C = \frac{S}{4\pi kd} = \frac{\epsilon S}{d}$$

式中 C ——电容，F， $1\text{F}=10^6$ ； $\mu\text{F}=10^{12}$ pF；

S ——极板的面积， m^2 ；

d ——极板间的间距，m。

2. 圆柱形电容器的电容

如图 1-4 所示，圆柱形电容器的电容为

$$C = \frac{4\pi\epsilon l}{\ln(r_2/r_1)}$$

式中 r_2 ——外圆柱内表面半径，m；

r_1 ——内圆柱内表面半径，m；

l ——圆柱形电容器的长度，m。

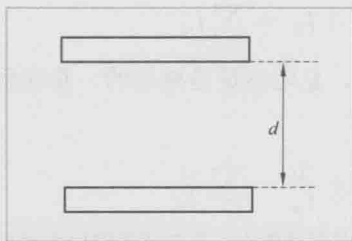


图 1-3 平板电容器的电容

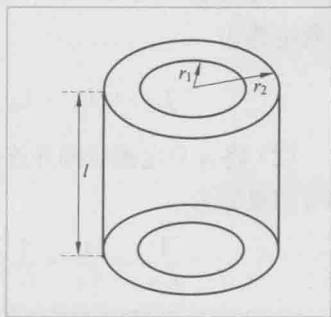


图 1-4 圆柱形电容器的电容

3. 电容器元件的串、并联

由于电容器存储电荷 Q 与电容 C 和端电压 U 相关，具体可表达为

$$Q = CU$$

根据电路串、并联的一些特点,可得出电容元件串、并联的表达式。

(1) 电容元件的串联等效电容为

$$\frac{1}{C_{\text{等}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_k} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{C_k}$$

(2) 电容元件的并联等效电容为

$$C_{\text{等}} = C_1 + C_2 + \cdots + C_k = \sum_{k=1}^n C_k$$

【例 1-3】 已知 3 个电容器的电容量分别为 $4.7\mu\text{F}$ 、 $100\mu\text{F}$ 、 $22\mu\text{F}$, 试求分别将它们串联和并联时的等效电容为多少?

解 1) 当 3 个电容器串联时, 等效电容为

$$C_{\text{等}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{4.7} + \frac{1}{100} + \frac{1}{22}$$

$$C_{\text{等}} = 3.73\mu\text{F}$$

2) 当 3 个电容器并联时, 等效电容为

$$C_{\text{等}} = C_1 + C_2 + C_3 = 4.7 + 100 + 22 = 126.7(\mu\text{F})$$

【例 1-4】 如图 1-5 所示, 已知 $U = 12\text{V}$, $C_1 = C_2 = 3\mu\text{F}$, $C_3 = 1\mu\text{F}$, 求等效电容及各电容两端的电压。

解 根据题意, 得

C_2 与 C_3 串联的等效电容为

$$C_{23} = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} = \frac{3 \times 1}{3 + 1} = \frac{3}{4}(\mu\text{F})$$

所以, 并联电路的等效电容及电压分别为

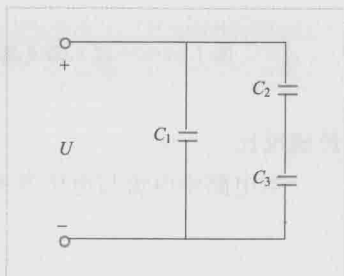


图 1-5 【例 1-4】图

$$C = C_1 + C_{23} = 3 + \frac{3}{4} = \frac{15}{4}(\mu\text{F})$$

$$U_1 = U_2 + U_3 = U = 12\text{V}$$

根据 $Q=CU$ 及串联电路特点可知

$$U_2 : U_3 = \frac{1}{C_2} : \frac{1}{C_3} = 1 : 3$$

所以, $U_2=3V$, $U_3=9V$ 。

1.2 电路与磁路计算的基本定律

1.2.1 电路计算的基本定律

1. 欧姆定律

欧姆定律是表征线性电路中电压与电流存在线性关系的定律, 其应用主要有以下三种形式。

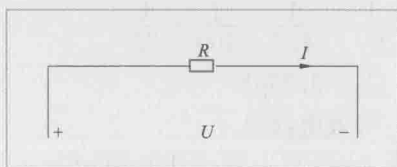


图 1-6 一段无源支路

(1) 一段无源支路的欧姆定律。如图 1-6 所示, 为闭合回路的某一支路, 是一段不含电源的纯电阻电路。当导体温度不变时, 通过一段电路的电流 I 与该段电路两端的电压 U 成正比, 与电路电阻

R 成反比。

当电路中电流与电压参考方向一致时, 欧姆定律可表示为

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

(2) 一段含源支路的欧姆定律。如图 1-7 所示, 为闭合回路中一段含有电源的支路。当导体温度不变时, 通过一段含源支路的电流 I 取决于电源电动势 E , 导体电阻 R 及支路端电压 U 。具体可表示为

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

式中 E ——电源电动势 (V);

士——电压 U 前面的士是指当电压 U 与电流 I 的参考方向一致时, U 取+, 反之 U 取-; 电动势前面的士是指当电动势 E 与电流 I 的参考方向一致时, E 取+, 反之 E 取-。

(3) 全电路欧姆定律。图 1-8 是含有电源的闭合回路, 当导体温度不变时, 通过该闭合回路的电流 I 与电路的电动势 E 成正比, 与回路电阻值和 ΣR 成反比。具体可表示为

$$I = \frac{E}{\Sigma R}$$

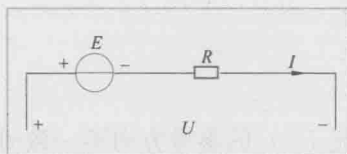


图 1-7 一段含源支路

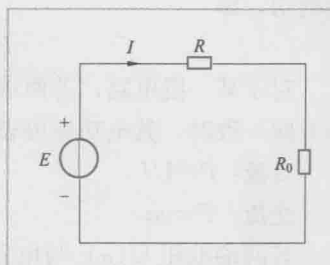


图 1-8 含有电源闭合回路

【例 1-5】 我国规定人体的安全工作电压为 36V, 而人体电阻的最小值为 800Ω , 试求通过人体安全工作电流。

解 由欧姆定律, 安全工作电流为

$$I = U/R = 36\text{V}/800\Omega = 45(\text{mA})$$

2. 电功

电功是指电流在一段电路上所做的功, 与电路两端的电压、通过的电流、通电的时间成正比, 即

$$W = UIt$$

式中 W ——电功, 也称电能, J;

U ——电路两端电压, V;

I ——通过电路的电流, A;

t ——通电的时间, s。