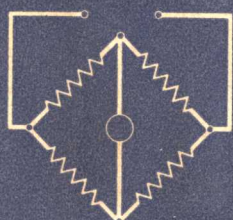


实用电子计算法



謝处方 陈貽桂 編譯

实用电工計算法

謝处方 陈貽桂 編譯

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书系根据 E. P. Anderson 著“Electrical Powers Calculations with Diagrams”一书編譯而成。内容分为二大部分,第一部分为直流电,第二部分为交流电。直流电自最基本的电学单位开始,包括电路中各种基本定义及其重要定律、电工量度方法、直流电輸送問題、磁場概念、直流发电机及电机的简单原理等。交流电亦自基本定义开始,包括各种交流电路的計算方法、复数及矢量的运用、三相功率的测量、交流电的輸送問題、变压器的简单原理以及交流电机等。全书共二十六章,除最后一章为各种重要公式及应用表格外,其余二十五章在每章开始,均先作一般性的简单介紹,然后逐一举例,以示計算方法。

本书适合于工厂中一般中等技术人員、技术学校学生以及大专学校非电专业学生参考之用。

实 用 电 工 計 算 法

謝处方 陈貽桂 編譯

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出093号

上海市印刷三厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 850×1168 1/32 印張 9 24/32 排版字数 248,000

(原大东、科技版共印 18,020 册 1952 年 9 月第 1 版)

1953 年 11 月新 1 版 1963 年 5 月第 3 次印刷 印数 21,001—33,000

統一书号 15119·187 定价(十) 1.10 元

目 录

第一編	直 流 电	1
第 一 章	电工学单位及欧姆定律.....	1
第 二 章	并联电路.....	6
第 三 章	电池组的电路	12
第 四 章	电池组的电动势及克希荷夫定律	18
第 五 章	电阻的星形接法和三角形接法以及等效电源定理	26
第 六 章	导线的电阻和线规	33
第 七 章	电阻的温度系数	37
第 八 章	功率、能量及热工单位.....	40
第 九 章	直流电的测量	47
第 十 章	直流输电线的计算	81
第 十 一 章	磁路	99
第 十 二 章	直流电机.....	111
第二編	交 流 电	149
第 十 三 章	交流电的基本性质.....	149
第 十 四 章	电容器.....	160
第 十 五 章	交流电路的功率.....	165
第 十 六 章	电阻与电感的串联.....	169
第 十 七 章	电阻与电容的串联.....	175
第 十 八 章	电阻、电感与电容相串联	180
第 十 九 章	并联电路的计算.....	187
第 二 十 章	用复数计算交流电路.....	197
第 二 十 一 章	功率的测量.....	210
第 二 十 二 章	功率因数的校正.....	216
第 二 十 三 章	交流输电线的计算.....	224

第二十四章	变压器.....	234
第二十五章	交流电机.....	253
第二十六章	附表及常用数据.....	295

第 一 章

电工学单位及欧姆定律

单位 电工学内所用的单位是用公制做基础的。它所采用的单位为米、克、秒。

体积的单位(升)与质量的单位(克)可由长度单位引导出来。这三个单位——米、升与克——之间的关系颇为简单,即1立方分米等于1升,而1升的水重是1公斤。

本书并不预备讨论电及磁的单位在历史上的发展经过,而仅要说明所谓国际电学单位。国际电学单位以四个基本单位做基础,即欧、安、厘米及秒。其中第一个是电阻的单位,它是根据一定尺寸的某一种质地非常纯粹的导体的电阻而规定的。安是电流的单位,它是由电流的化学作用在一定时间内电流在某种溶液内所析出的银量而规定的。其他的电学单位是按照电的科学推论引导出来的。

现在将象这样规定的某些单位的定义列举如下。这些单位是国际科学会议所采用的标准单位,也是电工方面普遍应用的单位:

1 欧—长106.30厘米断面积均匀的1平方毫米的水银柱(在冰点时)的电阻。

1 安—在符合一定规定的硝酸银水溶液内每秒钟能析出0.001118克银量的电流。

1 伏—稳定地加在电阻为1欧的导体上能产生1安电流的电动势。

1 庫—1 安的电流在 1 秒钟内所移送的电量。

1 法—用 1 伏的电位差，使电容器上具有 1 庫电荷的电容器的容量。

1 亨—当电路内电流以每秒钟 1 安的速率改变，在此电路内被感应生 1 伏的电动势时，此电路的电感量称为 1 亨。

1 瓦—1 安的电流通过 1 欧的电阻所消耗的功率。

1 焦耳—1 安的电流通过 1 欧的电阻，在 1 秒钟内所消耗的能量。

瓦与焦耳并不能算是电工学的基本单位，但讨论电工上的单位中需要对这两个单位有明确的认识，因为从事电工工作时，功率的需要和能量的消耗是最最重要的问题。

马力在额定电机的容量时，有时用来当作功率的单位。1 马力等于 736 瓦。

1 克卡是将 1 克的水升高摄氏温度 1 度所需的热量。1 克卡约等于 4.18 焦耳。

除了庫外，另外一种电量的单位是安时，它是 1 安的电流在 1 小时内所移送的电量。故 1 安时等于 3,600 庫。

电容的单位是微法与微微法。微法 = 10^{-6} 法（1 法的百万分之一），微微法 = 10^{-12} 法（1 微法的百万分之一）。这是因为用法作单位在实用上嫌太大的缘故。另外一种单位有时也用到的就是 *C. G. S.* 静电电容单位，以厘米表示电容量的单位，1 厘米的电容量大约等于 1.11 微微法。

通常电感量所用的单位是毫亨与微亨。毫亨 = 10^{-3} 亨（1 亨的千分之一），微亨 = 10^{-6} 亨（1 亨的百万分之一）。另外一种单位有时也用到的就是以厘米做电感量的单位，1 厘米的电感量大约等于千分之微亨。

欧姆定律 当电流在电路内流过时，电流的大小是由电路内的电动势及电路的电阻来决定的。电阻的大小视所用导体的性质、导体的横断面积与长度而不同。

电流 (I)、电动势 (E)、电阻 (R) 之间的关系, 可用欧姆定律来表示, 它可写成:

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

或

$$E = IR \quad (1-2)$$

和

$$R = \frac{E}{I} \quad (1-3)$$

式中 I ——电流, 安; E ——电动势, 伏; R ——电阻, 欧。

例题 1 图 1-1 的电路内有 5 欧的电阻, 设跨接在电阻两端的电压表的读数是 10 伏, 问通过电阻的电流是多少?

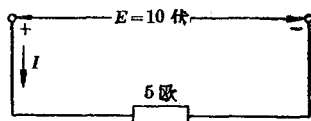


图 1-1 当电压及电阻已知时, 电路内的电流即可决定

【解】 由欧姆定律, 电流

$$I = \frac{E}{R} = \frac{10}{5} = 2 \text{ 安}$$

例题 2 设图 1-2 的电阻是 25 欧, 若通过它的电流是 4 安, 问需在电阻两端接若干电压?



图 1-2 当电流及电阻已知时, 电路内所需的电压即可决定

【解】 由欧姆定律, 电压

$$E = IR = 4 \times 25 = 100 \text{ 伏}$$

例题 3 如图 1-3, 试计算在 40 伏电路内欲获得 5 安电流时应有的电阻为若干?

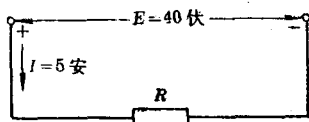


图 1-3 当电流及电压已知时,电路的电阻即可决定

【解】 由欧姆定律,电阻

$$R = \frac{E}{I} = \frac{40}{5} = 8 \text{ 欧}$$

串联电路 所谓串联电路是将若干电阻首尾联接而得的电路(即一端与另一端相接)。如图 1-4 所示,显然的,因为电路内并无分路,故在每一电阻内的电流均相同。全部电路的电压降等于各个电阻上的电压降的和,即:

$$\begin{aligned} E_1 &= IR_1 \\ E_2 &= IR_2 \\ E_3 &= IR_3 \end{aligned} \quad (1-4)$$

因为

$$E = E_1 + E_2 + E_3 \quad (1-5)$$

又

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-6)$$

故电路的总电压公式是:

$$E = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad (1-7)$$

而电流

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{E}{R} \quad (1-8)$$

例题 4 设图 1-4 内各电阻为 5、10 及 15 欧,欲使电路内有 0.5 安的电流流过,问电池组的电压需要若干?

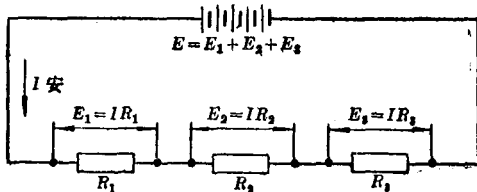


图 1-4 电阻的串联

【解】 总电阻

$$R = 5 + 10 + 15 = 30 \text{ 欧}$$

因此总电压

$$E = 0.5 \times 30 = 15 \text{ 伏}$$

我們可以計算出跨越在每个电阻上的电压降来驗算以上所得的結果，即：

$$E_1 = 0.5 \times 5 = 2.5 \text{ 伏}$$

$$E_2 = 0.5 \times 10 = 5.0 \text{ 伏}$$

$$E_3 = 0.5 \times 15 = 7.5 \text{ 伏}$$

而 $E = E_1 + E_2 + E_3 = 15 \text{ 伏}$ ，結果同前。

例題 5 为了要决定一直流电源的电压，可将三个各为 10、15 与 30 欧的电阻串联后，并接到此电源的两端。設电路內的电流是 2 安，問电源的电压是多少？

【解】 $E = I(R_1 + R_2 + R_3) = 2(10 + 15 + 30) = 2 \times 55 = 110 \text{ 伏}$ 。

例題 6 現欲利用一 550 伏的直流电源供給在隧道內照明用的安全灯，假使現在只有 3 只 110 伏、50 瓦的灯泡，問电路应如何接法？

【解】 每只灯泡燃热时的电阻

$$R = \frac{E^2}{W} = \frac{110^2}{50} = \frac{12100}{50} = 242 \text{ 欧}$$

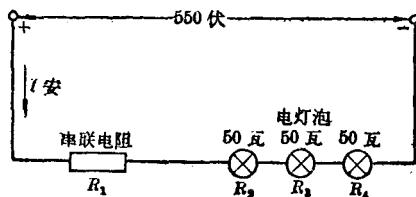


图 1-5 装接串联电阻的 550 伏电灯电路

因为每只灯泡有 242 欧，三只灯泡串联后只能接上 $3 \times 110 = 330 \text{ 伏}$ 的电压，故与此三只串联灯泡相串联的电阻应有：

$$R_1 = 2 \times 242 = 484 \text{ 欧}$$

电路的总电阻

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 5 \times 242 = 1,210 \text{ 欧}$$

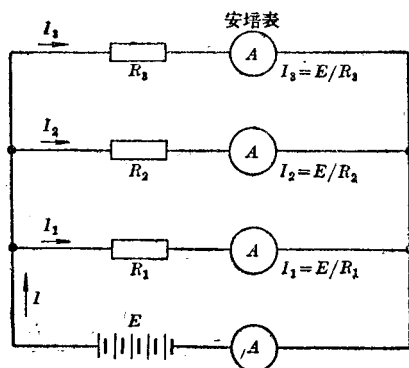
总电流

$$I = \frac{E}{R} = \frac{550}{1,210} = 0.454 \text{ 安}$$

第二章

并联电路

在并联(有时称为分流)电路里,如图 2-1 所示,每个电阻上的电压均相同。每个电阻内流过的电流大小与电阻成反比,但各电流之和应等于由电池组 E 流出的总电流。因此



$$I = I_1 + I_2 + I_3 = E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

图 2-1 电阻的并联

$$E = I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3$$

及

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

若将欧姆定律应用到个别的电阻上去,则得到:

$$I_1 = \frac{E}{R_1}; \quad I_2 = \frac{E}{R_2}; \quad \text{及} \quad I_3 = \frac{E}{R_3}.$$

故

$$I = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3}$$

或

$$I = E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

因为 $I = \frac{E}{R}$, 故几个电阻并联后的等值电阻 R 的倒数是:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (2-1)$$

因此, 我們得到一个結論: 任何多个电阻互相并联后可以用一等值电阻来代替, 这个等值电阻的大小等于各个电阻的倒数和的倒数[参阅公式(2-1)].

$1/R$ 这个值称为电路的电导, 它的单位是姆, 常用字母 g 或 G 来表示电导。

电导可写成:

$$g = \frac{1}{R} \quad (2-2)$$

当只有两个电阻互相并联时, 则:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (2-3)$$

象图 2-1 的情形, 若有三个电阻互相并联, 则:

$$R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} \quad (2-4)$$

此电路的电导

$$g = \frac{1}{R} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1 R_2 R_3} \quad (2-5)$$

例题 1 图 2-2 电路的等值电阻是多少?

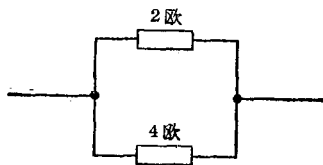


图 2-2 两个电阻的并联

【解】 由公式(2-3)可得:

$$R = \frac{2 \times 4}{2 + 4} = \frac{8}{6} = 1\frac{1}{3} \text{ 欧}$$

例题 2 設三个分路的电阻各为 2、3 及 4 欧，計算图 2-3 电路的等值电阻。

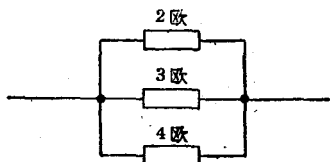


图 2-3 互相并联的三个电阻

【解】

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = 0.5 + 0.333 + 0.25 = 1.083 \text{ 姆}$$

$$R = \frac{1}{1.083} = 0.923 \text{ 欧}$$

例题 3 一根 2 欧电阻綫与三个互相并联的电阻綫串联，这三个电阻各为 4、5 与 20 欧。試計算此电路的等值电阻。

【解】 并联部分的电导是:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{20} = 0.25 + 0.20 + 0.05 = 0.5 \text{ 姆}$$

$$R = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ 欧 (并联部分的等值电阻)}$$

因为現在电路已被变换成两个 2 欧的电阻相串联，故电路的等值电阻是 $2 + 2 = 4$ 欧。

例题 4 有两根导綫各为 2 与 6 欧互相并联成一組电路，再将此电路与另一組电路相串联。設另一組电路是由各为 1、3 与 6 欧的导綫并联而成的；又設将此两組电路串联起来的导綫具有电阻 1.5 欧。試計算全部电路的等值电阻是多少？

【解】 用 R_1 代替 2 与 6 欧的并联电阻

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} = 0.5 + 0.167 = 0.667 \text{ 姆}$$

故 $R_1 = 1.5 \text{ 欧}$

用 R_2 代替由三个电阻并联組成的一組电阻

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{1} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = 1.000 + 0.333 + 0.167 = 1.5 \text{ 姆}$$

$$R_2 = \frac{1}{1.5} = 0.667 \text{ 欧}$$

現在此电路已經变换成三个串联的电阻。它們的值是1.5、1.5及0.667欧,故等值电阻

$$R_{\Sigma} = R + R_1 + R_2 = 1.5 + 1.5 + 0.667 = 3.667 \text{ 即 } 3\frac{2}{3} \text{ 欧}$$

例題 5 求图 2-4 (a) 到 (d) 各电路的等值电阻。

【解】 应用公式 (2-3), 可得图 2-4 (a) 的等值电阻如下:

$$R = 20 + \frac{150 \times 300}{150 + 300} = 20 + 100 = 120 \text{ 欧}$$

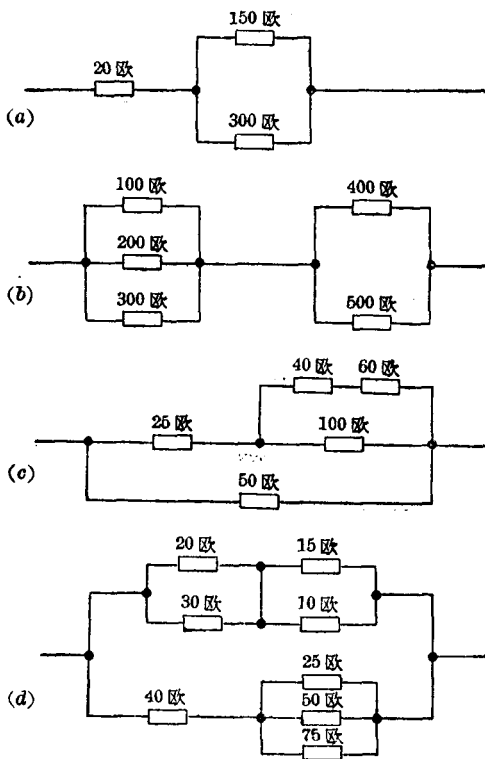


图 2-4 各种混联和并联的电阻

图 2-4(b) 的电路里包含着两个并联电路, 左边一组电路的电导是:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} + \frac{1}{300} = 0.01 + 0.005 + 0.00333 = 0.01833 \text{ 姆}$$

$$R = \frac{1}{0.01833} = 54.54 \text{ 欧}$$

右边一组电路的电导是:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{400} + \frac{1}{500} = 0.0025 + 0.002 = 0.0045 \text{ 姆}$$

$$R = \frac{1}{0.0045} = 222.22 \text{ 欧}$$

故图 2-4(b) 的总等值电阻是:

$$R_{\Sigma} = 54.54 + 222.22 = 276.76 \text{ 欧}$$

图 2-4(c) 的等值电阻也可用同样的步骤计算出来。第一步将右上角的三个电阻用一等值电阻来代替, 然后再用普遍方法计算其余的并联部分。因此, 可以写出由 40、60 和 100 欧所组成的一部分电路的关系式:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{40 + 60} + \frac{1}{100} = 0.02 \text{ 姆}$$

$$R = \frac{1}{0.02} = 50 \text{ 欧}$$

若将电路的其余部分按已述的方法算出, 即可求出全部电路的等值电阻是 30 欧。

用同样方法, 可算出图 2-4(d) 电路的等值电阻。先看上面一部分 20 与 30 欧的电路:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = 0.05 + 0.0333 = 0.0833 \text{ 姆}$$

$$R = \frac{1}{0.0833} = 12 \text{ 欧}$$

15 与 10 欧电路的等值电阻 R 是:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{15} + \frac{1}{10} = 0.0667 + 0.1 = 0.1667 \text{ 姆}$$

$$R = \frac{1}{0.1667} = 6 \text{ 欧}$$

这两个等值电阻是互相串联的, 现在可以将这两个等值电阻加在一起。其和为 $12 + 6 = 18$ 欧。

电路内的 25—50—75 欧部分的等值电阻 R 是:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{25} + \frac{1}{50} + \frac{1}{75} = 0.04 + 0.02 + 0.01333 = 0.07333 \text{ 姆}$$

$$R = \frac{1}{0.07333} = 13.64 \text{ 欧}$$

現在, 此电路已經化簡为两个支路組成的并联电路。上部的电阻是 18 欧, 下部是 $40 + 13.64 = 53.64$ 欧, 我們最后得到:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{18} + \frac{1}{53.64} = 0.0555 + 0.0187 = 0.0742 \text{ 姆}$$

$$R = \frac{1}{0.0742} = 13.48 \text{ 欧}$$

此数即为全部电路的等值电阻。

第三章

电池组的电路

电池组的串联 将一电池的正端与另一电池的负端互相联接起来,即构成一串联的电池组,如图 3-1 所示。串联的结果,使每个电池的电压加起来;亦即电池组外侧正负两端的电压等于每个电池的电压的总和,意即:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots \quad (3-1)$$

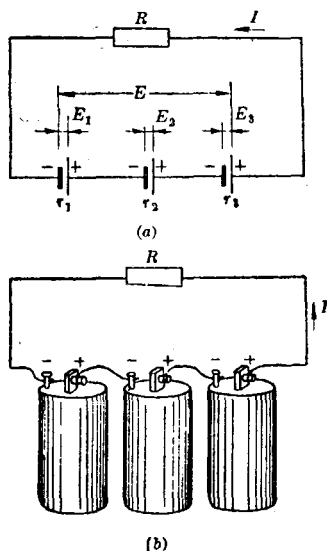


图 3-1 相同电池的串联
(a) 电路图; (b) 示意图