

◎ 李延明 主编 冯静 周萍 郑凤翼 副主编

电工、电子 计算手册



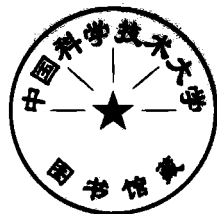
电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电工、电子计算手册

李延明 主编

冯 静 周 萍 郑凤翼 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书全面汇集电工、电子技术中常用的计算公式、计算方法、计算技巧,既保证计算的精度,又考虑到计算的简便;既照顾到内容的全面性,又紧密结合生产实际;既介绍计算公式、计算方法,又精选了部分计算实例,使读者达到即学即用的效果。

本书图文并茂,文字简练,可为相关行业的设计人员、维修使用和管理人员、大中专院校的师生、爱好者提供参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工、电子计算手册 / 李延明主编. —北京: 电子工业出版社, 2009.9

ISBN 978-7-121-09203-9

I. 电… II. 李… III. ①电工—计算—技术手册②电子电路—计算—技术手册
IV. TM11-62 TN702-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 112019 号

策划编辑: 富 军

责任编辑: 毕军志

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 880×1230 1/32 印张: 11.5 字数: 437.9 千字

印 次: 2009 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zits@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

随着社会的进步和科技的发展，电工、电子技术已经深入到现代化建设的所有领域，并在各个领域占据着重要的地位，发挥着巨大的作用。在电气设备的设计、使用与维修中，经常要进行电气数据的计算，而计算公式和计算方法一般都分散在不同的设计手册及相关的书刊中，不易查找，使用不便。人们迫切需要一本全面介绍电工、电子技术计算方法并汇集计算公式的书籍，以便于在工作中进行数据、计算公式的查找，进行快速的计算，提高工作效率。为了满足广大读者的需求，我们编写了这本《电工、电子计算手册》。

本书内容丰富，全面介绍了电路和磁路的计算、变压器计算、常用电动机计算、电动机控制线路计算、低压电器的选用及计算、工厂供电计算、电容器及无功补偿容量的计算、电子技术计算等常用的电工、电子计算，书中着重介绍计算公式和计算方法、计算技巧，既保证计算的精度，又考虑到计算的简便；既照顾到内容的全面，又紧密结合生产实际；既介绍计算公式、计算方法，又精选了部分计算实例。

本书由郑凤翼老师总体策划并且编写了指导提纲。全书由李延明主编，冯静、周萍、郑凤翼任副主编。其中第1~4章由李延明编写，第5章和第7章由周萍编写，第6章和第8章由冯静编写。此外参加编写的还有范荣、张琦、赵威等同志。

我们满腔热情地把《电工、电子计算手册》奉献给工作在该领域广大的电气工程技术人员、大中专院校师生和电工、电子爱好者，以及关心本领域的初学者和一切热心的读者。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电路和磁路的计算	(1)
1.1 电路的基本计算方法	(1)
1.1.1 电路电流和电压的计算	(1)
1.1.2 电压源串联的计算	(12)
1.1.3 电流源并联的计算	(12)
1.1.4 电压源与电流源间的等效转换	(13)
1.1.5 电路中电位的计算	(13)
1.1.6 电阻参数及电阻元件连接计算	(15)
1.1.7 电感参数及电感元件(两只线圈)串联和并联计算	(17)
1.1.8 电容参数及电容元件串联和并联计算	(20)
1.2 单相正弦交流电路计算	(22)
1.2.1 相量计算法	(22)
1.2.2 单相正弦电路计算方法	(23)
1.3 三相正弦交流电路计算	(31)
1.3.1 对称三相电源的电压计算	(31)
1.3.2 不对称三相电路的计算	(34)
1.4 非正弦周期电路计算	(36)
1.4.1 非正弦周期电量的计算	(36)
1.4.2 常见非正弦周期交流电的分析与计算	(36)
1.5 简单电路过渡过程计算	(41)
1.5.1 RC、RL、RCL 电路过渡过程计算	(41)
1.5.2 微分电路与积分电路的计算	(44)
1.6 磁路计算与电磁感应	(45)
1.6.1 磁路中磁通、磁感应强度、磁动势、磁阻等物理量间的计算	(45)
1.6.2 直流无分支磁路计算	(47)
1.6.3 直流分支磁路计算	(48)
1.6.4 交流磁路计算	(50)

1.6.5	电磁感应及楞次定律	(50)
1.6.6	磁滞损失与涡流损失、电介质损失	(51)
第2章	变压器计算	(53)
2.1	变压器基本原理计算	(53)
2.1.1	变压器原理及基本参数计算	(53)
2.1.2	变压器电压变动率及效率计算	(54)
2.1.3	自耦变压器基本计算	(55)
2.1.4	V/V 连接的变压器电流、电压关系及功率和利用率计算	(56)
2.1.5	变压器的负载率、最佳经济负荷及最大效率计算	(57)
2.1.6	变压器损耗计算	(58)
2.1.7	变压器损耗及效率测算	(58)
2.1.8	变压器空载试验和短路试验计算	(59)
2.1.9	变压器无功经济当量的计算	(61)
2.2	变压器经济运行计算	(62)
2.2.1	变压器并联运行计算	(62)
2.2.2	变压器年电能损耗计算	(64)
2.2.3	判定负荷过轻的临界条件	(65)
2.2.4	变压器是否需要更新的计算	(66)
2.2.5	变压器的过负荷计算	(66)
2.2.6	干式变压器使用条件及温升限值计算	(70)
2.2.7	10kV 变压器进风口有效面积计算	(71)
2.2.8	变压器容量计算	(72)
2.3	变压器计算	(73)
2.3.1	油浸式电力变压器的基本计算	(73)
2.3.2	干式电力变压器的基本计算	(80)
2.3.3	整流变压器计算	(83)
2.3.4	三相 E 型变压器计算	(86)
2.3.5	小型变压器设计计算	(92)
第3章	常用电动机计算	(99)
3.1	三相异步电动机的参数计算	(99)
3.1.1	旋转磁场的转速计算	(99)

3.1.2	转速及转差率计算	(99)
3.1.3	定子电动势和电压计算	(100)
3.1.4	转子电动势和功率因数计算	(101)
3.1.5	转矩计算	(101)
3.1.6	机械特性计算	(102)
3.2	三相异步电动机空壳重绕计算	(103)
3.3	三相异步电动机改极和改成单相电动机的计算	(107)
3.3.1	三相异步电动机改极计算	(107)
3.3.2	三相电动机改为单相电动机的计算	(108)
3.4	绕组导线替代换算	(110)
3.4.1	改变线圈导线的并绕根数的计算	(110)
3.4.2	改变绕组并联支路数的计算	(111)
3.4.3	改变绕组接线方式的计算	(111)
3.5	三相异步电动机改变绕组电压的计算	(112)
第4章	电动机控制线路计算	(115)
4.1	电动机启动控制线路计算	(115)
4.1.1	三相异步电动机直接启动条件计算	(115)
4.1.2	三相异步电动机电阻降压启动控制线路计算	(116)
4.1.3	三相异步电动机自耦变压器减压启动控制线路计算	(118)
4.1.4	三相异步电动机星形—三角形减压启动控制线路计算	(120)
4.1.5	三相异步电动机延边三角形减压启动控制线路计算	(121)
4.1.6	三相绕线式异步电动机启动控制线路计算	(123)
4.1.7	直流电动机启动控制线路计算	(127)
4.2	电动机制动控制线路计算	(131)
4.2.1	反接制动电阻计算	(131)
4.2.2	三相异步电动机能耗制动控制线路计算	(132)
4.2.3	他励直流电动机制动电阻计算	(134)
4.3	电动机调速控制线路计算	(135)
4.3.1	直流电动机调速系统主要技术指标的计算	(135)
4.3.2	直流电动机转速计算	(137)
4.3.3	直流电动机调速时功率和转矩计算	(142)

4.3.4	三相异步电动机调速的计算	(142)
4.3.5	交磁放大机——直流电动机调速系统计算	(150)
4.3.6	晶闸管——直流电动机调速系统计算	(153)
4.4	电动机控制线路的电流计算	(155)
4.4.1	主电路电流计算	(155)
4.4.2	控制电路电流计算	(157)
4.4.3	辅助电路电流计算	(157)
第5章	低压电器的选用及计算	(158)
5.1	开关与熔断器的选用与计算	(158)
5.1.1	断路器的选用与计算	(158)
5.1.2	刀开关和转换开关的选用	(170)
5.1.3	熔断器的选用	(173)
5.1.4	熔断器及其导线的级间配合	(178)
5.2	热继电器的选用与计算	(184)
5.2.1	热继电器的选用	(184)
5.2.2	热继电器的主要技术参数	(189)
5.2.3	热继电器的计算	(190)
5.3	接触器的选用与计算	(192)
5.3.1	交流接触器的选用	(193)
5.3.2	直流接触器的选用	(196)
5.4	交流接触器和电磁铁直流无声运行元件的选择	(200)
5.4.1	交流接触器和直流无声运行元件的选择	(200)
5.4.2	无声节能接触器直流线圈的计算	(207)
5.5	电磁铁的计算和选用	(209)
5.5.1	电磁铁气隙磁导的计算	(209)
5.5.2	电磁吸力的基本计算公式	(212)
5.5.3	各类形式电磁铁的吸力近似计算(不带极靴)	(213)
5.5.4	电磁铁的选用及计算	(218)
5.6	交直流线圈的简捷计算	(222)
5.6.1	直流线圈的简捷设计	(222)
5.6.2	交流线圈的简捷设计	(225)

5.7	保护继电器与时间继电器	(229)
5.7.1	保护继电器	(229)
5.7.2	时间继电器的选用	(231)
5.7.3	继电器加速与延缓电路	(232)
5.8	继电器熄火火花电路	(238)
第6章	工厂供电计算	(244)
6.1	需要系数法计算工厂的计算负荷	(244)
6.2	二项式系数法计算工厂的计算负荷	(251)
6.3	尖峰电流计算	(253)
6.4	短路电流的计算	(254)
6.4.1	欧姆法短路电流计算	(254)
6.4.2	实用计算口诀	(256)
6.5	导线和电缆截面的选择计算	(257)
6.5.1	按发热条件选择导线和电缆截面的计算	(257)
6.5.2	按经济电流密度选择导线和电缆截面的计算	(260)
6.6	熔断器计算	(261)
6.6.1	熔断器的熔体电流计算	(262)
6.6.2	熔断器之间的选择性配合计算	(263)
6.6.3	熔断器保护与导线或电缆之间的配合计算	(264)
6.7	接地装置的接地电阻计算	(265)
6.8	接零计算	(268)
6.9	防雷设备计算	(270)
6.9.1	单支避雷针的保护范围	(270)
6.9.2	单根避雷线的保护范围	(271)
第7章	电容器及无功补偿容量的计算	(274)
7.1	电容器和无功补偿容量的计算	(274)
7.1.1	电容测算和保护元件计算	(274)
7.1.2	功率因数和无功补偿容量的计算	(280)
7.2	设备的无功经济当量的计算	(284)
7.2.1	企业内无功经济当量的计算	(284)
7.2.2	几种设备的无功补偿容量的计算	(288)

7.3	提高功率因数与降损及改善电压的计算	(293)
7.3.1	提高功率因数与降损关系的计算	(293)
7.3.2	功率因数降低与电网元件(线路和变压器)损耗增加的关系	(294)
7.3.3	提高功率因数与降低线损的关系	(294)
7.3.4	提高功率因数与降低变压器铜损的关系	(295)
7.3.5	提高功率因数与改善电压关系的计算	(296)
7.4	提高功率因数与增加设备容量的计算	(297)
7.4.1	增加线路供电能力的计算	(297)
7.4.2	增加变压器供电能力的计算	(298)
第8章	电子技术计算	(300)
8.1	整流电路的计算	(300)
8.2	滤波电路的计算	(302)
8.3	放大电路的计算	(304)
8.3.1	直流稳压电源计算	(304)
8.3.2	三极管工作状态判别的计算	(307)
8.3.3	三种基本三极管放大电路计算	(308)
8.3.4	静态工作点稳定电路	(310)
8.3.5	阻容耦合放大器的计算	(311)
8.3.6	负反馈放大电路的计算	(312)
8.3.7	直接耦合放大电路计算	(314)
8.3.8	功率放大电路计算	(316)
8.3.9	场效应管放大电路计算	(317)
8.4	振荡电路计算	(319)
8.4.1	RC 振荡电路计算	(319)
8.4.2	LC 振荡电路计算	(320)
8.4.3	非正弦振荡电路计算	(320)
8.5	集成运算放大电路的计算	(322)
8.5.1	信号运算电路计算	(322)
8.5.2	信号滤波电路计算	(326)
8.5.3	信号发生电路计算	(327)
8.6	可控整流电路计算	(328)

8.6.1	单相可控整流电路	(328)
8.6.2	三相相控整流电路	(332)
8.6.3	晶闸管整流主电路计算及保护	(335)
8.6.4	晶闸管触发电路计算	(346)
8.6.5	晶闸管有源逆变电路的计算	(348)
8.6.6	晶闸管交流调压电路的计算	(348)
8.6.7	晶闸管直流斩波电路的计算	(349)
8.6.8	晶闸管无源逆变电路的计算	(350)
8.7	数字电路的有关计算	(351)
8.7.1	逻辑门电路计算	(351)
8.7.2	脉冲电路计算	(352)
8.7.3	触发器电路计算	(354)
参考文献		(356)

第1章

电路和磁路的计算



1.1 电路的基本计算方法

1.1.1 电路电流和电压的计算

1. 用欧姆定律计算电路的电流和电压

【欧姆定律】

(1) 不包含电源的部分电路如图 1-1 (a) 所示。

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

式中 I ——流过电阻的电流 (A);

U ——加在电阻两端的电压 (V);

R ——电阻 (Ω)。

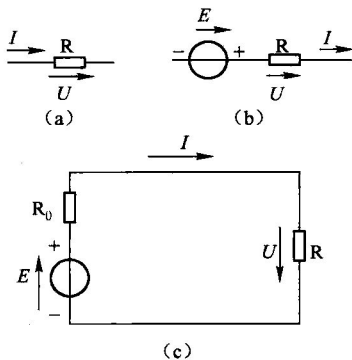


图 1-1 欧姆定律

(2) 包含电源的部分电路如图 1-1 (b) 所示。

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

式中 E ——电源的电动势 (V);

\pm ——电压前的“ \pm ”号是当电压 U 的方向和电流 I 的方向一致时, 取正 (+) 值, 反之取负值 (-); 电动势前的“ \pm ”号是当电动势 E 的方向和电流 I 的方向一致时, 取正 (+) 值, 反之取负值 (-)。

(3) 全电路欧姆电路如图 1-1 (c) 所示。

$$I = \frac{E}{R_0 + R}$$

$$E = IR_0 + U$$

式中 R_0 ——电源的内阻 (Ω)。

【计算方法】

直接将已知数据代入欧姆定律中进行计算。

2. 用基尔霍夫定律计算电路的电流和电压

【基尔霍夫定律】

第一定律 (电流定律): 在任一时刻, 对电路中的任一节点, 流入节点的电流之和等于流出节点的电流之和, 如图 1-2 所示。

第二定律 (电压定律): 在任意的闭合回路中, 电动势之和等于电压降之和, 如图 1-2 所示。

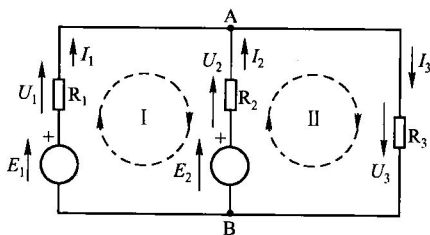


图 1-2 基尔霍夫定律

【计算方法】

(1) 支路电流法

$$\sum I_{\lambda} = \sum I_{\text{出}}$$

式中 $I_{\text{入}}$ ——流入某一节点的支路电流;

$I_{\text{出}}$ ——流出该节点的支路电流。

【计算步骤】

① 任意标出各支路电流的参考方向和网孔回路的绕行方向。

② 根据基尔霍夫第一定律列独立的节点电流方程。值得注意的是, 如果电路有 n 个节点, 那么只有 $n-1$ 个独立的节点电流方程。

③ 根据基尔霍夫第二定律列独立的回路电压方程。为保证方程的独立, 一般选择网孔来列方程。

④ 代入已知数, 解联立方程组, 求出各支路电流。

(2) 回路电压法

$$\sum E = \sum IR$$

式中 E ——某回路中的电源电动势, 电动势 E 的正方向与循行方向相同时取正 (+), 反之取负 (-);

I ——流过负载 R 的电流, 电流 I 的正方向与循行方向相同时取正 (+), 反之取负 (-)。

【例 1-1】 电路如图 1-3 所示, 求支路电流 I_1 、 I_2 、 I_3 ; U_1 、 U_2 、 U_3 。

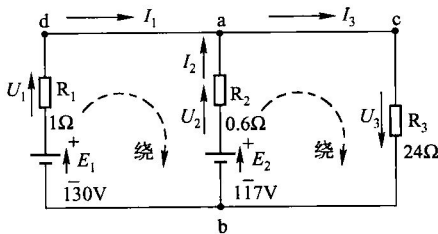


图 1-3 电路图

【解】 标出各支路的电流的参考方向和网孔回路的绕行方向, 如图 1-3 所示。

(1) 电路中有 a、b 两个节点, 只能列出一个节点电流方程, 对节点 a 列出节点电流方程

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

(2) abda 回路的电压方程

$$R_1 I_1 - R_2 I_2 - E_1 + E_2 = 0$$

(3) acba 回路的电压方程

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 - E_2 = 0$$

(4) 代数求解

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad \text{①}$$

$$I_1 - 0.6I_2 - 130 + 117 = 0 \quad \text{②}$$

$$0.6I_2 + 24I_3 - 117 = 0 \quad \text{③}$$

解以上方程组①、②、③得

$$I_1 = 10\text{A} \quad I_2 = -5\text{A} \quad I_3 = 5\text{A}$$

求电压得

$$U_1 = I_1 R_1 = 10 \times 1 = 10 \text{ (V)}$$

$$U_2 = I_2 R_2 = -5 \times 0.6 = -3 \text{ (V)}$$

$$U_3 = I_3 R_3 = 5 \times 24 = 120 \text{ (V)}$$

3. 用节点电压法计算电路中的电流和电压

【节点电压法】

以节点电压为未知数，表示出各支路电流，应用基尔霍夫定律得到以节点电压为未知数的节点电流方程，求出节点电压后，即可求出各支路的电流，进而求出电压。

节点电压：节点电压是指在电路中令任一节点为参考点，其他节点对此参考点的电压的简称。

两个节点电路的节点电压计算：

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n \pm \frac{E_i}{R_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}}$$

式中 E_i ——各支路的电源电动势；

R_i ——各支路的电阻。

当电动势的方向与节点电压方向（由节点指向参考点）相反时， $\frac{E_i}{R_i}$ 取“+”，

相同时， $\frac{E_i}{R_i}$ 取“-”。

【计算方法】

计算方法见例 1-2。

【例 1-2】 电路如图 1-4 所示, 求各支路电流 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 。

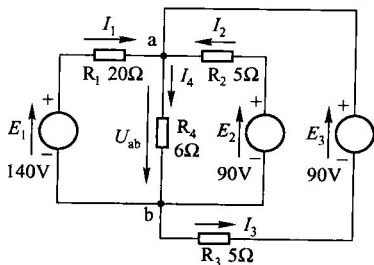


图 1-4 电路图

【解】 (1) 求 a、b 两节点间电压 U_{ab}

$$U_{ab} = \frac{\sum_{i=1}^n \pm \frac{E_i}{R_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}} = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{\frac{140}{20} + \frac{90}{5} + \frac{90}{10}}{\frac{1}{20} + \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{6}} \approx 65.81 \text{ (V)}$$

(2) 求各支路电流

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{ab}}{R_1} = \frac{140 - 65.81}{20} \approx 3.71 \text{ (A)}$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{ab}}{R_2} = \frac{90 - 65.81}{5} \approx 4.84 \text{ (A)}$$

$$I_3 = \frac{E_3 - U_{ab}}{R_3} = \frac{90 - 65.81}{10} \approx 2.42 \text{ (A)}$$

$$I_4 = \frac{U_{ab}}{R_4} = \frac{65.81}{6} \approx 10.97 \text{ (A)}$$

各电阻的电压用欧姆定律计算就可以了。

4. 用回路电流法计算电路中的电流和电压

【回路电流法】

在求解复杂电路的支路电流时, 以回路电流为未知量, 用基尔霍夫电压定律列方程, 求得回路电流, 再由回路电流计算支路电流。

回路是指由电气元器件及连接导线组成的闭合电路。如图 1-3 所示, I、II、III 均为回路 (独立回路)。

复杂电路的独立回路数 l 可由表 1-1 中回路数的计算公式求得。

【回路电流法的计算方法】

① 假定各支路电流的方向，用支路电流的方向作为回路的电流参考方向，如图 1-5 所示。

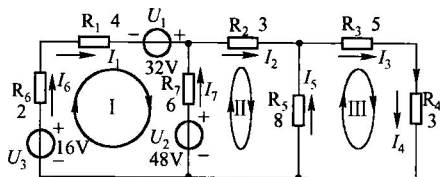


图 1-5 电路图

② 选定的回路。所选回路必须是独立回路，即所选的回路中至少要有一条新支路。

③ 以各回路电流为未知数，列出所有回路的电压关系方程，最后求解。
用回路电流法计算电路中的电流和电压的计算公式见表 1-1。

表 1-1 用回路电流法计算电路中的电流和电压

参 数	计 算 公 式	备 注
回路数 l 计算	$l = b - (n - 1)$	l ——回路数； b ——支路数； n ——节点数
回路方程的一般式	某一个回路的电压方程： $R_1 I_1 + R_2 I_2 + \dots + R_n I_n = U$ 对于存在 l 个回路的复杂电路， 可用相同方法列出 l 个方程。	R_1, R_2, \dots, R_n ——某一独立回路中的电阻； I_1, I_2, \dots, I_n ——某一独立回路中的各电阻中的电流； U ——某一回路中各电动势的代数和。如回路中存在多个电源，电动势方向与电流方向一致时取“-”，反之取“+”

【例 1-3】 电路如图 1-5 所示，求 R_4 中的电流。

(1) 选定独立回路

由图 1-5 可知支路数 $b=6$ ，节点数 $n=4$ ，则

独立回路数

$$l = b - (n - 1) = 6 - (4 - 1) = 3$$

(2) 各独立回路的电流关系

设 I、II、III 回路中的电流分别为 I_1 、 I_2 、 I_3