



新 编

电工常用计算手册

第2版

周希章 等编

XINBIAN DIANGONG

CHANGYONG JISUAN SHOUCHE DI ER BAN



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

工欲善其事，
必先利其器。
欲速而不达，
孰之过也？
唯缺吾矣！

上架指导：工业技术 / 电气工程 / 电工技术

○ ISBN 978-7-111-30564-4

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)88326294
销售二部：(010)88379649
读者服务部：(010)68993821

邮政编码：100037
网络服务
门户网：<http://www.cmpbook.com>
教材网：<http://www.cmpedu.com>
封面无防伪标均为盗版

定价：27.00元

ISBN 978-7-111-30564-4



9 787111 305644 >

新 编 电工常用计算 手 册

第 2 版

周 希 章 等 编

机 械 工 业 出 版 社

本手册是按照电工必须掌握的计算技术和基本要求编写的。主要内容包括电路和磁路的计算、工厂供电的计算、变压器的计算、电机的计算、低压电器的选用和计算、电动机控制电路的计算、电力电子电路的计算、部分生产机械配用电机的功率计算、电阻的热计算、电工仪表使用中的计算等。

本手册是一本实用工具书,可供广大电工使用,也可供电气技术人员阅读和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

新编电工常用计算手册/周希章等编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2010.5 (2010.11重印)

ISBN 978-7-111-30564-4

I. ①新… II ①新… 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 (2010) 第 080540 号

机械工业出版社 (北京市百万计大街22号 邮政编码 100037)

策划编辑:王振国 责任编辑:王振国 责任校对:李秋荣

封面设计:陈沛 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2010年11月第2版第2次印刷

101mm×140mm·11.125印张·373千字

3 001—6 000册

标准书号: ISBN 978-7-111-30564-4

定价: 27.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

本手册自 2006 年出版以来，已多次重印，深受全国各地广大电工和电气技术人员的欢迎。为了更好地满足广大读者的需要，本次修订在内容上进行了相应的修改和补充，删除了“电工计算中的常用资料”增加了“照度计算”、“起重机用电动机的功率计算”等知识，从而使手册的内容更实用，更富有针对性和实践性。

本手册由周希章、周全、周勇编写，周希章负责全书统稿工作。

由于编者水平有限，手册中难免有不足之处，欢迎读者批评指正。

编者

目 录

前言

一、电路和磁路的计算	1
1. 电路计算的基本定律	1
2. 线性直流电路的计算方法	12
3. 正弦交流电路稳态分析计算	41
4. 三相正弦交流电路的计算	61
5. 磁路定律和磁路计算	66
二、工厂供电的计算	80
1. 工厂电力负荷的计算	80
2. 电线和电缆截面的选择和计算	118
3. 提高功率因数的计算	166
4. 接地和防雷计算	186
5. 照度计算	202
三、变压器的计算	243
1. 基本原理及计算	243
2. 小型单相变压器的计算	248
3. 小型三相变压器的计算	276

4. 变压器容量的估算	322
四、电机的计算	325
1. 电机参数的计算	325
2. 三相异步电动机改变电压的计算	353
3. 三相异步电动机空壳重绕的计算	370
4. 绕组导线替代计算	389
5. 分相式单相电动机重绕改装计算	407
6. 罩极式单相电动机空壳重绕计算	437
7. 直流电机改电压的计算	445
8. 直流电机绕组重绕计算	450
五、低压电器的选用和计算	454
1. 交流接触器的选用和计算	454
2. 断路器的选用和计算	460
3. 熔断器的选用和计算	470
4. 热继电器的选用和计算	476
六、电动机控制电路的计算	481
1. 笼型异步电动机起动电阻的计算	481
2. 笼型异步电动机自耦减压起动的计算	483
3. 笼型异步电动机星形-三角形减压起动的 计算	486
4. 绕线转子异步电动机转子串接三相对称 电阻的计算	488

5. 绕线转子异步电动机转子串接不对称起动 电阻的计算	494
6. 异步电动机反接制动电阻的计算	497
7. 异步电动机能耗制动控制电路的计算	500
8. 直流他励电动机起动电阻的计算	503
9. 直流串励电动机起动电阻的计算	518
七、电力电子电路的计算	526
1. 整流电路的计算	526
2. 滤波电路的计算	535
3. 可控整流电路的计算	541
4. 晶体管放大电路的计算	575
5. 集成运算放大电路的计算	587
6. 门电路的计算	593
7. 简单稳压电路的计算	601
八、部分生产机械配用电机的功率 计算	605
1. 金属切削机床选择电动机功率的统计法	605
2. 风机类配用电机的功率计算	607
3. 泵类配用电机的功率计算	611
4. 压缩机类配用电机的功率计算	614
5. 起重机用电机的功率计算	618
九、电阻的热计算	668

1. 单支合金电热元件的计算	668
2. 电阻炉功率的计算	685
十、电工仪表使用中的计算	689
1. 仪表的误差计算	689
2. 常用电表的量程变换计算	693
3. 有功电能的计算	698
参考文献	701

一、电路和磁路的计算

1. 电路计算的基本定律

(1) 欧姆定律 应用时有以下 3 种形式。

1) 一段无源支路的欧姆定律。图 1-1 所示为闭合回路中的一段支路，这段支路中仅有电阻，故又叫做一段电阻电路的欧姆定律。

当导体温度不变时，通过一段无源支路的电流与支路两端的电压成正比，与电阻成反比。当电流与电压的参考方向一致时，欧姆定律为

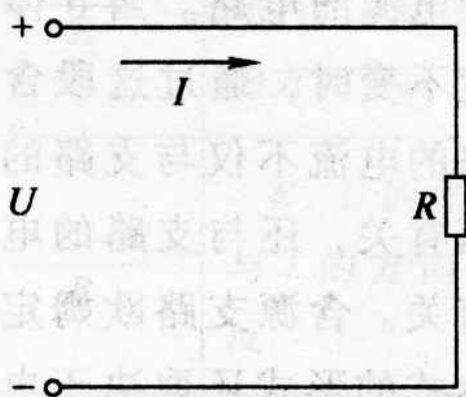


图 1-1 一段不包含电源的电路

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

式中 I ——支路电流 (A)；

U ——支路两端的电压 (V)；

R ——电阻 (Ω)。

欧姆定律也可表示为

$$U = IR$$

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

电流、电压的参考方向均可任意选定，参考方向也可称为正方向。以电流为例，如电流的实际方向与参考方向一致时，就把电流定为正值；反之，当电流的实际方向与参考方向相反时，电流就定为负值。

2) 一段含源支路的欧姆定律。图 1-2 所示是一段包含电源的电路。当导体的温度不变时，通过这段含源支路的电流不仅与支路的端电压有关，还与支路的电动势有关。含源支路欧姆定律表达式的形式还取决于电动势 E 、电压 U 与电流 I 参考方向的选择，见表 1-1。

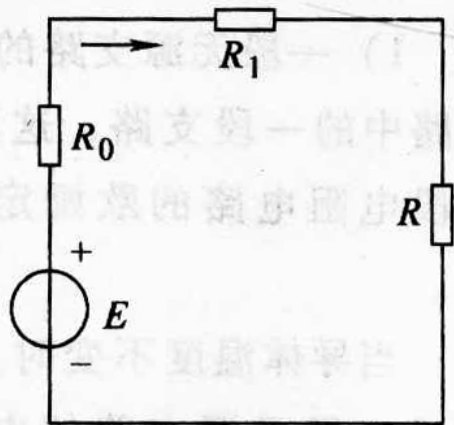
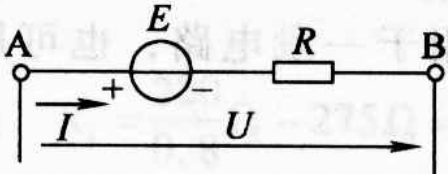
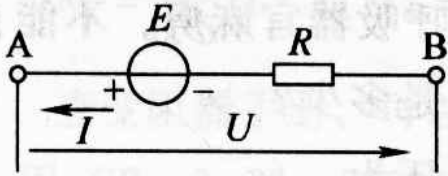
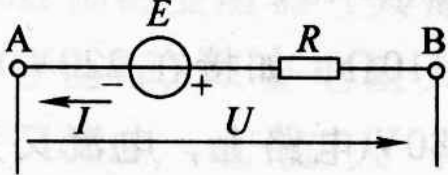


图 1-2 一段包含电源的电路

表 1-1 一段含源支路的欧姆定律

电 路	欧姆定律 表达形式	说 明
	$I = \frac{E + U}{R}$	E 、 U 的方向 与 I 的方向一 致

(续)

电 路	欧姆定律 表达形式	说 明
	$I = \frac{-E + U}{R}$	E 与 I 的方向相反, U 与 I 的方向一致
	$I = \frac{E - U}{R}$	E 与 I 的方向一致, U 与 I 的方向相反
	$I = \frac{-E - U}{R}$	E 、 U 的方向与 I 的方向相反

3) 全电路的欧姆定律。该定律也叫做回路的欧姆定律, 图 1-2 所示是最简单的闭合回路, 通过该闭合回路的电流与回路的电动势成正比, 而与回路的全部电阻值成反比。当回路电动势与回路电流的方向一致时, 它们的关系如下:

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

$$\Sigma R = R_0 + R_1 + R$$

式中 E ——回路的电动势 (V);

ΣR ——回路中的总电阻 (Ω);

R_0 ——电源内阻 (Ω);

R ——负载电阻 (Ω);

R_1 ——回路中连线的电阻 (Ω)。

综上所述, 欧姆定律既可用于一段电路, 也可用于全电路。

例 1 如果人体最小的电阻为 800Ω , 已知通过人体的电流为 50mA 时, 就会引起呼吸器官麻痹, 不能自主摆脱电源, 试求安全工作电压是多少?

解 由欧姆定律可知安全电压为

$$U = IR = 0.05 \times 800\text{V} = 40\text{V}$$

例 2 某电炉的炉丝电阻为 10Ω , 如接在 220V 电路上, 求电流为多少? 如接到 380V 电路上, 电流又为多少?

解 当电压为 220V 时, 电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{10}\text{A} = 22\text{A}$$

如改接到 380V 电路上, 电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{380}{10}\text{A} = 38\text{A}$$

例 3 图 1-3 所示是用变阻器 R 调节直流电机励磁电流 I_e 的电路, 设励磁绕组的直流电阻 R_e 为 275Ω , 额定电压 U 为 220V , 若要求励磁电流在 $0.5 \sim 0.8\text{A}$ 范

围内变动，试问需要串联什么规格的励磁变阻器 R ？

解 设励磁电流为 0.8A 时，需要串联的电阻为 R_1 ；励磁电流为 0.5A 时，需要串联的电阻为 R_2 。

因
$$R = \frac{U}{I_e} - R_e$$

故
$$R_1 = \frac{220}{0.8}\Omega - 275\Omega = 275\Omega - 275\Omega = 0\Omega$$

$$R_2 = \frac{220}{0.5}\Omega - 275\Omega = 440\Omega - 275\Omega = 165\Omega$$

查变阻器手册，可以选用 CB—3 型、 300W 、 180Ω 励磁变阻器（其他型号也行，只要电阻大于 165Ω ，电流大于 0.8A 即可）。

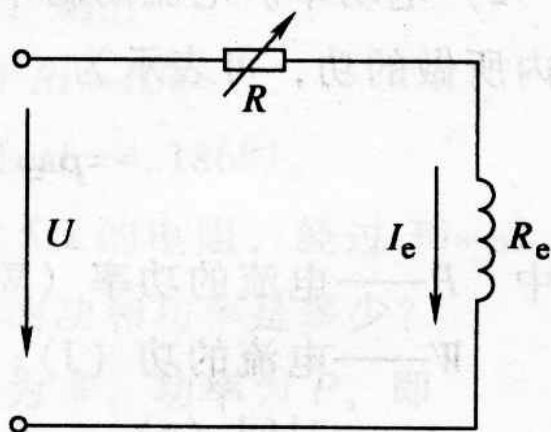


图 1-3 例 3 电路

(2) 电功率和焦耳-楞次定律

1) 电功。亦称为电能，电流在一段电路上所做的功，与这段电路两端的电压、通过的电流以及通电时间成正比，可表示为

$$W = IUt$$

式中 W ——电功 (J)；

I ——通过的电流 (A)；

U ——电路两端的电压 (V)；

t ——通电时间 (s)。

$$1\text{J} = 1\text{V} \times 1\text{A} \times 1\text{s}$$

这就是说,若负载两端的电压为 1V,通过的电流为 1A,在 1s 内所做的功就是 1J。

电功也可表示为

$$W = \frac{U}{R} U t = \frac{U^2}{R} t$$

或

$$W = I R t = I^2 R t$$

2) 电功率。电流的功率在数值上等于电流在每秒钟内所做的功,可表示为

$$P = \frac{W}{t}$$

式中 P ——电流的功率 (W);

W ——电流的功 (J);

t ——时间 (s)。

1W 就是 1s 内做 1J 的功。

电功率也可表示为

$$P = \frac{W}{t} = \frac{I U t}{t} = I U$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{U^2 t}{R t} = \frac{U^2}{R}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{I^2 R t}{t} = I^2 R$$

3) 焦耳-楞次定律。电流通过导体时,导体中所产

生的热量与导体本身的电阻、电流的平方和电流通过的时间成正比，这个关系叫做焦耳-楞次定律。

1844 ~ 1845 年，俄国科学家楞次和英国科学家焦耳，由大量实验得出：电阻为 1Ω 的导体内通过 $1A$ 的电流时在 $1s$ 内能产生 $0.24cal$ 的热量。焦耳-楞次定律的公式为

$$Q = 0.24I^2 Rt = 0.24IUt$$

Q 的单位是 cal (卡)， $1000cal = 1kcal$

若改用法定计量单位，则有

$$Q = I^2 Rt = IUt$$

式中 Q 的单位为 J ， $1cal = 4.1868J$ 。

例 4 $2A$ 的电流通过 5Ω 的电阻，经过 $30s$ 后，计算电流在这段时间内所做的功和功率是多少？

解 设电流所做的功为 W ，功率为 P ，即

$$W = I^2 Rt = 2^2 \times 5 \times 30J = 600J$$

$$P = I^2 R = 2^2 \times 5W = 20W$$

例 5 有一只电灯泡，其两端电压是 $36V$ ，灯丝的热电阻是 32.4Ω ，试问灯泡的额定功率是多少？

解

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{36^2}{32.4}W = 40W$$

例 6 某车间使用 $25W$ 电烙铁 50 只，每天用电 $6h$ ，以每月 25 天计，试问一个月用多少电？

解 $W = Pt = 50 \times 25 \text{ W} \times 25 \times 6 \text{ h}$
 $= 187500 \text{ W} \cdot \text{h} = 187.5 \text{ kW} \cdot \text{h}$

例 7 某电炉的电阻为 20Ω ，接到 220V 的电源上，经过 1h ，求这段时间内电炉所放出的热量是多少？

解

$$Q = UIt = \frac{U^2}{R}t = \frac{220^2}{20} \times 3600 \text{ J} = 8712000 \text{ J} = 8712 \text{ kJ}$$

(3) 基尔霍夫定律

1) 基尔霍夫第一定律。该定律也叫做基尔霍夫电流定律，简称 KCL。这个定律指出，在电路中流入任意一个节点（3 条或 3 条以上支路的连接点）的电流 ΣI_{in} 必定等于流出该节点的电流 ΣI_{ex} ，即

$$\Sigma I_{\text{in}} = \Sigma I_{\text{ex}}$$

也可以说，在一个节点上电流的代数和恒等于零，即

$$\Sigma I = 0$$

关于电流的方向，可预先假定，如求得的电流是正值，表示电流的实际方向与假定方向相同；如求得的电流是负值，表示电流的实际方向与假定方向相反。图 1-4 中假定了电流方向，根据基尔霍夫第一定律可列出

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

基尔霍夫第一定律一般应用于节点，但也可以推