

简单
易学

JIANDAN YIXUE

100%

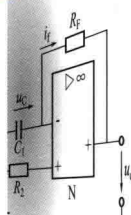
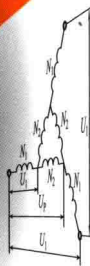
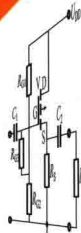
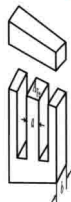
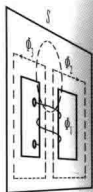
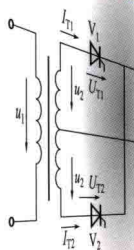
曹振华 主编
王景辉 赵树侠 副主编

DIANGONG JISUAN YIXUE JIUHUI

电工计算

一学就会

电工计算有窍门 <<<
电工公式全会用 <<<
对照算例全会算 <<<



化学工业出版社

DIANGONG JISUAN
YIXUE JIUHUI

电工计算 一字就会

曹振华 主 编
王景辉 赵树侠 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从电工工作实际出发,讲解电工常用和常遇到的计算问题,主要包括电工基本计算、电子电路基本计算、各类型电动机计算、变压器应用计算、常用供电计算、各种供电设备部件应用计算、常用电线电缆选择计算、常用照明计算、电气线路计算、低压电气的计算、变频器应用计算等内容。为了解决施工中计算难题,书中给出了丰富的现场计算算例,读者可以举一反三,快速解决各种实际难题。

本书计算和数据简明、实用、正确、便查,可供电工、电气设计、施工技术人员阅读,也可供电工、电气设计相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工计算一学就会/曹振华主编. —北京:化学工业出版社, 2017. 1

ISBN 978-7-122-28479-2

I. ①电… II. ①曹… III. ①电工计算 IV. ①TM11

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第267989号

责任编辑:刘丽宏

文字编辑:汲永臻

责任校对:王素芹

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张10½ 字数285千字

2017年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

前言



随着我国现代化建设事业的不断发展,各部门、各行业从事电气工作的人员迅速增加,他们需要学习和掌握电工很多的电工知识,而电工在工作中往往需要很多技术数据,为了得到精确数据,就要用到电工计算,但对技术人员来说,电工、电子技术中有太多的定律、公式,很难掌握,希望有一本电工常用到的且带有计算实例的书参考,以快速计算出所需数据,为此,我们结合多年来电工电路设计的实际经验,编写了本书。

本书立足于解决电工实际工作中的问题,满足电工必备现场速算技能的需求,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结合算例讲解,读者一看就懂,一学就会,以达到迅速提高个人电工作业的素质和能力。

全书融实用性、启发性、资料性于一体,详细介绍了直流电路的计算、正弦交流电路的计算、磁场与磁路的计算、单相整流电路的计算、滤波电路的计算、可控整流电路的计算、晶体三极管放大电路的计算、稳压电路的计算、集成运算放大电路的计算、数字电路单元的计算、单相变压器的计算、三相变压器的计算、弧焊变压器的计算、三相交流电动机的常用计算、单相交流电动机的常用计算、常用用电设备功率计算、常用电线电缆选择计算、常用照明计算、电气线路的计算、低压电器的计算、变频器应用

计算等内容，简明、实用、正确、便查，没有冗余的公式推导，帮助读者快速解决电工日常工作、电气工程设计施工中遇到的计算难题。

本书由曹振华任主编，王景辉、赵树侠任副主编，参加本书编写的还有曹祥、王桂英、王可山、张晓红、冯家银、陈荣、付张建、路莲峰、李纪路、冯广玉、孙小礼、孙聪、沈子雄、王宗信等，全书由张伯虎统稿。

由于水平所限，书中不足之处难免，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

第1章 电工基本计算	1
1.1 直流电路的计算	1
1.1.1 电路	1
1.1.2 电路中的几个物理量	2
1.1.3 欧姆定律	5
1.1.4 电功与电功率	6
1.1.5 电阻的串联、并联和混联	7
1.1.6 电阻的星形连接和三角形连接的等效变换	12
1.1.7 电压源与电流源的等效变换	14
1.1.8 复杂电路及相关名词	15
1.1.9 基尔霍夫定律	15
1.1.10 电流法求解复杂电路	17
1.1.11 叠加原理求解复杂电路	20
1.1.12 戴维南定理求解复杂电路	21
1.1.13 电容器及电容器的并联、串联和混联	22
1.2 正弦交流电路的计算	26
1.2.1 正弦交流电	26
1.2.2 正弦交流电的相关名词	27
1.2.3 正弦交流电的三要素	29
1.2.4 单相正弦交流电路	31
1.2.5 三相正弦交流电路	49
1.2.6 非正弦周期电路	56
1.3 磁场与磁路的计算	62
1.3.1 磁场的基本物理量	62

1.3.2	电感及电感元件的串联和并联	65
1.3.3	磁路	68
1.3.4	磁路的欧姆定律	68
1.3.5	磁路的基尔霍夫第一定律	69
1.3.6	磁路的基尔霍夫第二定律	69
1.3.7	恒定磁通无分支磁路的计算	70
1.3.8	恒定磁通一般分支磁路的计算	74
1.3.9	交流铁芯线圈	74

第2章 电子电路基本计算

76

2.1	单相整流电路的计算	76
2.1.1	单相半波整流电路的计算	76
2.1.2	单相全波整流电路的计算	77
2.1.3	单相桥式整流电路的计算	77
2.1.4	单相倍压整流电路的计算	78
2.1.5	三相半波整流电路的计算	78
2.1.6	三相桥式整流电路的计算	79
2.2	滤波电路的计算	80
2.2.1	电容滤波电路的计算	80
2.2.2	T形滤波电路的计算	81
2.2.3	II形滤波电路的计算	82
2.3	可控整流电路的计算	85
2.3.1	晶闸管整流电路的计算	85
2.3.2	单相全波可控整流电路	88
2.3.3	单相桥式可控整流电路的计算	90
2.3.4	三相半波可控整流电路的计算	90
2.3.5	三相桥式全控整流电路的计算	91
2.3.6	三相桥式半控整流电路的计算	93
2.4	晶体三极管放大电路的计算	99
2.4.1	三极管的工作状态	99
2.4.2	三极管放大电路的计算	100

2.4.3	场效应管放大电路的计算	102
2.4.4	负反馈放大电路的计算	105
2.4.5	直流放大电路的计算	110
2.4.6	振荡电路的计算	114
2.5	稳压电路的计算	120
2.5.1	直流稳压电路的计算	120
2.5.2	串联型稳压电路的计算	122
2.6	集成运算放大电路的计算	124
2.6.1	信号运算电路的计算	124
2.6.2	信号滤波电路的计算	130
2.6.3	信号发生电路的计算	134
2.7	数字电路单元的计算	136
2.7.1	与逻辑电路	136
2.7.2	或逻辑电路	138
2.7.3	非逻辑电路	140
2.7.4	与非逻辑电路	141
2.7.5	或非逻辑电路	142
2.7.6	与或非逻辑电路	142
2.7.7	异或逻辑电路	143
2.7.8	逻辑代数的基本定律	144
2.7.9	逻辑函数式的化简及应用	146
2.7.10	基本 RS 触发器	150
2.7.11	同步 RS 触发器	151
2.7.12	同步 D 触发器(D 锁存器)	153
2.7.13	同步 JK 触发器	154
2.7.14	TTL 边沿 JK 触发器	155
2.7.15	JK 触发器构成的 T 触发器和 T' 触发器	157
2.7.16	主从 RS 触发器	158
2.7.17	主从 JK 触发器	159
2.7.18	时序电路	160
2.7.19	数制	162

2.7.20	并行寄存器	165
2.7.21	串行寄存器	165
2.7.22	二进制计数器	167
2.7.23	十进制计数器	171

第3章 变压器常用计算 **175**

3.1	单相变压器的计算	175
3.2	三相变压器的计算	186
3.3	弧焊变压器的计算	192
3.3.1	普通焊接电源的简易估算法	192
3.3.2	普通电焊机线圈参考数据	196
3.3.3	抽头式弧焊变压器的专业设计与计算	198
3.3.4	动铁芯漏磁(以 BX1-200 型)便携式交流弧焊机的制造 专业级设计与计算	205
3.3.5	储能式中频焊接机主电源的专业设计	210
3.3.6	焊接电源常用维修材料	214

第4章 电动机常用计算 **220**

4.1	三相交流电动机的常用计算	220
4.1.1	改变导线规格的计算	220
4.1.2	电动机重绕线圈的计算	221
4.1.3	电动机改极计算	227
4.1.4	导线的代换	231
4.2	单相交流电动机的常用计算	235
4.2.1	主绕组计算	235
4.2.2	副绕组计算	236
4.2.3	电容值的确定	238
4.2.4	计算实例	238
4.2.5	正弦绕组	242
4.2.6	罩极式单相电动机空壳重绕计算	245

第5章 常用供电计算

247

5.1 常用用电设备功率计算	247
5.1.1 工厂用电设备容量的确定	247
5.1.2 计算负荷的确定	249
5.1.3 尖峰电流的计算	255
5.1.4 短路电流的计算	256
5.2 常用电线电缆选择计算	258
5.2.1 导线和电缆截面积的选择	258
5.2.2 熔断器保护	262
5.3 常用照明计算	264
5.3.1 光源	264
5.3.2 线光源	265
5.3.3 面光源	266
5.3.4 其他照明参数	267
5.3.5 照明导线截面积的选择	268
5.3.6 应用举例	268

第6章 其他设备的常用计算

271

6.1 电气线路的计算	271
6.1.1 电动机启动控制线路的计算	271
6.1.2 电动机制动控制线路的计算	286
6.1.3 电动机调速控制线路的计算	291
6.2 低压电器的计算	298
6.2.1 交流接触器的选择	298
6.2.2 热继电器的选择	299
6.2.3 刀开关的选择	300
6.2.4 组合开关的选择	300
6.2.5 熔断器的选择	300
6.2.6 自动空气开关的选择	301

6.3 变频器应用计算	301
6.3.1 变频器应用现场计算公式	301
6.3.2 节能计算公式	302
6.3.3 风机	304
附录 常用计量单位换算与电路符号	308
参考文献	325

第1章

电工基本计算

1.1 直流电路的计算

1.1.1 电路

电流通过的途径叫电路。电气元件或电气设备用国家标准统一规定的图形及文字符号，按一定的连接关系绘制的图形叫电路图，如图 1-1 所示。

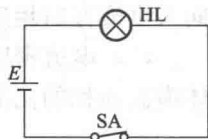


图 1-1 电路图

电路一般由电源、负载、开关和连接导线 4 个基本部分组成。

电源是把非电能转换成电能的装置，如干电池、发电机等。

负载是把电能转换成其他形式能量的装置，如电灯、电动机等。

开关是接通或断开电路的控制元件，如刀开关、自动空气开关等。

连接导线把电源、负载及开关连接起来，组成一个闭合回路，起传输和分配电能的作用。

电路通常有通路、开路及短路三种状态。

通路：电路构成闭合回路，电路中有电流流过。

开路：电路断开，电路中无电流通过，开路又称为断路。

短路：短路是电源未经负载而直接由导体构成闭合回路。短路时电源输出的电流比允许的通路工作电流大很多倍，电源损耗大量的能量，一般不允许短路。当然短路状态也可以应用，如保护接零时，使电路形成短路，导致保护电器动作而切断电源，达到保护人身安全的目的。

1.1.2 电路中的几个物理量

(1) 电流 电荷有规则地定向移动称作电流。

电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面电荷量的多少，电流用符号 I 表示，其数学表达式为：

$$I = \frac{Q}{t}$$

式中， Q 为电荷量，C； t 为时间，s； I 为电流，A。

常用的电流单位还有千安 (kA)、毫安 (mA) 和微安 (μA)。换算关系为： $1\text{kA}=10^3\text{A}$ ， $1\text{mA}=10^{-3}\text{A}$ ， $1\mu\text{A}=10^{-3}\text{mA}=10^{-6}\text{A}$ 。

电流不仅有大小，而且有方向，习惯上规定正电荷移动的方向为电流的方向。导体中移动的是电子，电子是负电荷，所以电子流的方向与电流方向相反。

(2) 电流密度 当电流在导体的截面上均匀分布时，该电流与导体横截面积的比值为电流密度，用字母 J 表示，其数学表达式为：

$$J = \frac{I}{S}$$

式中， I 为电流，A； S 为横截面积， mm^2 ； J 为电流密度， A/mm^2 。

【例 1】某照明电路需要通 21A 的电流，问应采用多粗的铜导线 (设 $J=6\text{A}/\text{mm}^2$)？

$$\text{【解】 } S = \frac{I}{J} = \frac{21}{6} = 3.5\text{mm}^2$$

(3) 电压 电压又称电位差，是衡量电场力做功本领的物理量。如图 1-2 所示，在电场中若电场力将点电荷 Q 从 A 点移动到 B 点，所做的功为 W_{AB} ，则功 W_{AB} 与点电荷 Q 的比值就称为该两点之间的电压。电压用符号 U 表示，其数学表达式为：

$$U = \frac{W_{AB}}{Q}$$

式中, U 为电压, V; W_{AB} 为功, J; Q 为电荷量, C。

常用的电压单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV) 和微伏 (μV)。换算关系为: $1\text{kV} = 10^3\text{V}$, $1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$, $1\mu\text{V} = 10^{-3}\text{mV} = 10^{-6}\text{V}$ 。

电压亦有方向, 即有正负。对于负载来说, 规定电流流进端为电压的正端, 电流流出端为电压的负端, 电压的方向由正指向负。

电压的方向在电路图中有两种表示方法: 一种用箭头表示, 如图 1-3 (a) 所示; 另一种用正 (+)、负 (-) 极性符号表示, 如图 1-3 (b) 所示。

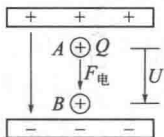


图 1-2 电场力做功

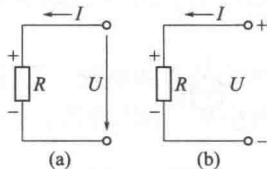


图 1-3 电压的方向

(4) 电动势 电动势是衡量电流将非电能转换成电能本领的物理量。电动势的定义为: 在电源内部外力将单位正电荷从电源的负极移动到电源正极所做的功。电动势用符号 E 表示, 其数学表达式为:

$$E = \frac{W_{AB}}{Q}$$

电动势的单位与电压相同, 也是伏特 (V)。电动势的方向规定为: 在电源内部由负极指向正极。电源中的电流与电动势同向。

对于一个电源来说, 既有电动势, 又有端电压。电动势只存在于电源内部; 而端电压则是电源加在外电路两端的电压, 其方向由正极指向负极。电源开路时, 电源的端电压与电源的电动势相等。

(5) 电压源 具有不变的电动势和较低内阻的电源称为电压源。把具有不变电动势且内阻为零的电源称为理想电压源, 简称恒压源, 恒压源的代表符号如图 1-4 所示。

电压源可等效为理想电压源 E 和内阻 R_0 的串联, 如图 1-5 所示。

一般用电设备所需的电源，多数需要输出较为稳定的电压，要求电源的内阻越小越好，即要求实际电源的特性与理想电压源尽量接近。

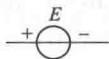


图 1-4 理想电压源

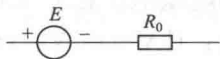


图 1-5 电压源定义为理想电压源 E 和内阻 R_0 的串联

(6) 电流源 把内阻无限大，能输出恒定电流 I_s 的电源称为理想电流源或称恒流源，恒流源输出的恒定电流 I_s 称为电激流。恒流源的代表符号如图 1-6 所示。



图 1-6 理想电流源

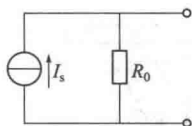


图 1-7 电流源定义为理想电流源 I_s 与内阻 R_0 并联

把电激流为 I_s 的恒流源与内阻 R_0 并联的电路定义为电流源，如图 1-7 所示。

晶体三极管工作于放大状态时，就接近于恒流源。

(7) 电阻 导体对电流的阻碍作用称为电阻，用符号 R 表示。电阻的单位为欧姆，简称欧，用符号 Ω 表示。常用的电阻单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)，换算关系为： $1k\Omega = 10^3 \Omega$ ， $1M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$ 。

导体的电阻是客观存在的，即使没有外加电压，导体仍有电阻。金属导体的电阻大小与其几何尺寸及材料性质有关，可按下式计算：

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

式中， R 为电阻， Ω ； l 为长度， m ； S 为横截面积， mm^2 ； ρ 为电阻率， $\Omega \cdot m$ 。

电阻还与温度有关，金属导体的电阻随温度升高而增大；而碳的电阻却随温度升高而减小。

1.1.3 欧姆定律

(1) 部分电路欧姆定律 在不包含电源的电路中,如图 1-8 所示,流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比,与导体的电阻成反比,即

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

式中, I 为导体中的电流, A; U 为导体两端的电压, V; R 为导体的电阻, Ω 。

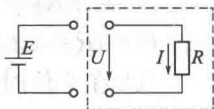


图 1-8 部分电路

【例 2】有一个量程为 300V (即测量范围是 0~300V) 的电压表,它的内阻 R_0 为 40k Ω ,用它测量电压时,允许流过的最大电流是多少?

【解】由于电压表的内阻是一个定值,测量的电压越高,通过电压表的电流就越大。因此,当被测电压为 300V 时,该电压表中允许流过的最大电流为:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{300}{40 \times 10^3} = 0.0075 \text{ A} = 7.5 \text{ mA}$$

(2) 全电路欧姆定律 电源内为内电路,电源外的负载电路为外电路,全电路是指由内电路和外电路组成的闭合电路的整体。

全电路欧姆定律的内容是:在全电路中电流强度与电源的电动势成正比,与整个电路的内、外电阻之和成反比。其数学表达式为:

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

式中, I 为电路中的电流, A; E 为电源的电动势, V; R 为负载电阻, Ω ; R_0 为电源内阻, Ω 。

由上式可得:

$$E = IR + IR_0 = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$$

式中, $U_{\text{内}}$ 是电源内阻的电压降; $U_{\text{外}}$ 是电源对外电路输出的电压,也称电源的端电压。

因此,全电路欧姆定律又可表述为:电源电动势在数值上等于闭合电路中内外电路电压降之和。

【例 3】如图 1-9 所示电路,已知 $E = 10\text{V}$, $R_0 = 0.1\Omega$, $R =$

9.9Ω。求开关 SA 在 1、2、3 不同位置时，电路各处于什么状态及电流表和电压表的读数。

【解】 SA 在 1 位时，电路处于通路状态

$$I = \frac{E}{R + R_0} = \frac{10}{9.9 + 0.1} = 1\text{A}$$

$$U = IR = 1 \times 9.9 = 9.9\text{V}$$

SA 在 2 位时，电路处于开路状态

$$I = 0$$

$U = E = 10\text{V}$ ，即电源的开路电压等于电源电动势。

SA 在 3 位时，电路处于短路状态

$$I = \frac{E}{R_0} = \frac{10}{0.1} = 100\text{A}$$

$$U = E - IR_0 = 10 - 100 \times 0.1 = 0$$

短路时，短路电流极大，不仅会损坏导线、电源和其他电气设备，甚至会引起火灾，因此除了合理的应用外，应绝对避免短路状态。

1.1.4 电功与电功率

(1) 电功 电流流过负载时，负载将电能转换成其他形式的能（如：磁能、热能、机械能等）的这一过程，称之为电流做功，简称电功。用符号 W 表示，其数学表达式为：

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

式中， U 为加在负载上的电压，V； I 为流过负载的电流，A； t 为时间，s； W 为电功，J。

(2) 电功率 电流在单位时间所做的功，称为电功率，简称功率。用符号 P 表示，其数学表达式为：

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

式中， P 为电功率，W。

常用的电功率的单位还有千瓦 (kW)、毫瓦 (mW) 等。换算关系为：1kW=10³W，1W=10³mW。

(3) 电功的另一个单位——度 1度=1千瓦时 (kW·h)，1度

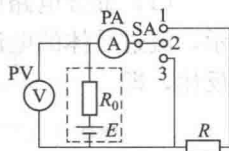


图 1-9 例 3 图