

电工基础丛书

电工计算

黄 野 刘天野 编著
潘雪峰 杨国治



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电工基础丛书

电工计算

黄 野 刘天野 潘雪峰 杨国治 编著

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

电工计算/黄野等编著. —北京: 人民邮电出版社,
2008. 2

(电工基础丛书)

ISBN 978-7-115-16839-9

I. 电… II. 黄… III. 电工—计算 IV. TM11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 144419 号

电工基础丛书

电 工 计 算

◆ 编 著 黄 野 刘天野 潘雪峰 杨国治

责任编辑 张 鹏

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京华正印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/32

印张: 14

字数: 330 千字

2008 年 2 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2008 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16839-9/TN

定价: 22.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

内 容 提 要

本书立足于解决实际工作中的问题，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，主要目的是教会电工人员怎样使用相关的公式进行计算。书中尽量避免对公式推导过程的详细分析，以符合初、中级电工人员的阅读习惯。

本书适合初、中级电工人员学习参考。

前 言

随着科学技术的飞速发展,各种电气设备已经应用到城市和乡村的各个角落,随之而来的是对能熟练掌握和使用电气设备的高素质电工人员的需求越来越迫切。广大电工人员特别是许多刚参加工作的电工人员由于缺乏基础理论知识,对电工计算知识所知甚少,在遇到工作中的实际问题时显得束手无策,不知该如何应对。为此,我们根据多年的教学经验和实践总结,在参考了部分相关书籍资料的基础上编写了《电工计算》一书。书中内容包括直流电路的计算、磁场与电磁感应的计算、交流电路的计算、变压器的计算、直流电机的计算、单相异步电动机的计算、三相异步电动机的计算等7个部分。本书在对电工基础理论言简意赅的介绍之后,给出了相应的计算公式,并通过大量的计算实例帮助理解和记忆,希望借此达到举一反三的目的,帮助读者将计算的方法应用到生产实践中去。

本书在编写过程中参考了部分书籍资料,在此向相关的作者表示诚挚的谢意。由于我们水平有限,加上时间仓促,书中的不当之处在所难免,恳请读者给予批评指正。

编者

2007年12月

目 录

第一章 直流电路的计算	1
第一节 电路及其基本物理量的计算	1
一、电路的组成与作用	1
1. 电路的组成	1
2. 电路的作用	2
二、电路的基本物理量	3
1. 电流及其参考方向	3
2. 电位和电压	5
3. 电动势	8
三、功率和焦耳-楞次定律	9
四、导体的电阻	17
第二节 简单直流电路的计算	21
一、欧姆定律	21
1. 一段无源支路的欧姆定律	22
2. 一段含源支路的欧姆定律	22
3. 全电路的欧姆定律	22
二、电阻串联电路	24
三、电阻并联电路	28
四、电阻混联电路	34
第三节 复杂直流电路的计算	42
一、电源的串联和并联	42
1. 理想电源及其串联和并联	42
2. 实际电源的串联和并联电路	43
3. 电压源与电流源的等效互换	44
二、电池组电路计算	47

1. 电池组的串联	48
2. 电池组的并联	48
3. 电池组的混联	49
三、基尔霍夫定律	52
1. 基尔霍夫第一定律 (又称节点电 定律)	53
2. 基尔霍夫第二定律	55
3. 支路电流法	58
四、星形和三角形连接电路等效换算	64
1. 星形变换成三角形	64
2. 三角形变换成星形	65
五、戴维南定理	69
六、叠加原理	78
七、诺顿定理	87
第四节 电容器的计算	90
一、电容器的串联	91
二、电容器的并联	92
三、电容器的混联	93
第二章 磁场与电磁感应的计算	98
第一节 磁场和磁场强度	98
一、电流产生的磁场和磁场强度	98
1. 磁场和磁路	98
2. 磁感应强度和磁场强度	99
二、磁路定律	100
1. 磁路欧姆定律	100
2. 磁路基尔霍夫第一定律	101
3. 磁路基尔霍夫第二定律	101

4. 直线电流产生的磁场强度	105
5. 圆电流所产生的磁场强度	106
6. 螺旋管产生的磁场强度	106
7. 右手螺旋定则	110
8. 左手定则	110
第二节 电磁感应	116
一、电磁感应的概念	116
1. 直导体中的感应电动势	116
2. 线圈中的感应电动势	117
3. 楞次定律	118
二、自感与互感	121
1. 自感	121
2. 互感	123
第三章 交流电路的计算	130
第一节 交流电的三要素	130
1. 周期、频率和角频率	131
2. 瞬时值、最大值、有效值和平均值	131
3. 相位、初相和相位差	133
第二节 简单正弦交流电路的计算	137
一、纯电阻、电容及电感交流电路	138
1. 纯电阻交流电路	138
2. 纯电感交流电路	140
3. 纯电容交流电路	144
二、电阻与电感、电阻与电容的串联电路	146
1. 电阻与电感串联电路	147
2. 电阻与电容串联电路	154
三、电阻与电感、电阻与电容的并联电路	160

1. 电阻与电感并联电路	160
2. 电阻与电容并联电路	162
四、R-L-C 的串联电路	164
五、R-L-C 的并联电路	168
第三节 三相交流电路的计算	172
一、三相交流电源	173
1. 三相交流电源的主要供电方式	173
2. 相电压与线电压间的关系	174
二、三相负载的连接	176
1. 负载的星形连接	176
2. 负载的三角形连接	186
第四节 交流电路谐振的计算	193
一、串联谐振	193
1. 谐振和串联谐振频率	193
2. 串联谐振的特点	194
二、并联谐振	196
1. 谐振条件与谐振频率	196
2. 并联谐振的特点	196
三、串并联谐振	198
第四章 变压器的计算	202
第一节 变压器的感应电动势与运行	202
一、变压器的原理和感应电动势	202
1. 变压器的工作原理和作用	202
2. 感应电动势和效率	212
二、变压器的空载与负载运行	218
1. 变压器的空载运行	218
2. 变压器的负载运行	219

3. 电压调整率	222
第二节 变压器的并联运行和连接组别	224
一、变压器的并联运行	224
1. 变压器并联运行的必要性	224
2. 变压器的并联条件	225
3. 并联变压器额定电压相等的计算	225
4. 并联变压器阻抗电压近似相等的计算	228
5. 并联变压器最佳台数的计算	233
二、变压器的连接组别	236
1. 绕组的绕向和极性	236
2. 三相变压器绕组常用的连接方法	238
3. 三相绕组连接组别	241
第三节 小容量变压器的计算	244
一、小容量单相变压器的计算	244
1. 小容量壳式变压器的计算	244
2. 小容量心式变压器的计算	252
二、小容量三相变压器的计算	256
第五章 直流电机的计算	261
第一节 直流电机和平衡方程式	261
一、直流电机工作原理和分类	261
1. 直流电机的工作原理	261
2. 直流电机的基本结构与分类	261
二、电枢绕组的主要参数和分类	263
1. 电枢绕组的主要参数	263
2. 电枢绕组的分类	264
三、直流电机的平衡方程式	266
1. 直流电机的感应电动势、电磁转矩及	

电磁功率	266
2. 直流发电机的平衡方程式	267
3. 直流电动机的平衡方程式	268
第二节 直流电动机启动与调速的计算	273
一、直流电动机启动的计算	273
1. 启动电流限制方法	273
2. 启动电阻的计算	274
二、直流电动机调速的计算	278
1. 直流电动机的调速原理	278
2. 调速计算方法	279
第三节 直流电动机制动和机械特性的计算	282
一、直流电动机的制动	282
1. 电动机的制动方法	282
2. 制动的计算方法	283
二、直流电动机的机械特性	286
1. 电动机的机械特性	286
2. 机械特性的计算方法	287
第四节 直流电动机改压重绕的计算	290
一、直流电动机励磁绕组改压的计算	290
1. 有原始数据改压重绕的计算	291
2. 无原始数据改压重绕的计算	293
3. 串励绕组改压重绕的计算	294
二、电枢绕组改压重绕的计算	295
三、直流电动机换向绕组改压重绕的计算	297
第六章 单相异步电动机的计算	299
第一节 单相异步电动机重绕的计算	299
一、单相异步电动机的原理、分类及启动	299

1. 单相异步电动机的工作原理	299
2. 单相异步电动机的分类	300
3. 单相异步电动机的启动	300
二、单相异步电动机重绕的计算	303
1. 电容电动机的重绕计算	303
2. 罩极电动机重绕的计算	311
3. 分相启动电动机重绕的计算	315
4. 串励电动机重绕的计算	322
第二节 单相异步电动机改压的计算	328
一、电容启动分相电动机改压的计算	328
二、罩极电动机改电压的计算	331
三、串励单相电动机改压的计算	332
第七章 三相异步电动机的计算	340
第一节 三相异步电动机技术参数的计算	340
一、工作原理与主要额定值	340
1. 三相异步电动机的工作原理	340
2. 三相异步电动机的主要额定值	341
二、转子感应电动势和电动机转矩	343
1. 转差率对转子各参数的影响	343
2. 电动机转矩的计算	345
三、三相异步电动机定子绕组的计算	353
1. 电角度、机械角	353
2. 三相异步电动机绕组元件术语	353
四、三相异步电动机损耗、功率和效率计算	359
1. 三相异步电动机的损耗	359
2. 三相异步电动机的功率和效率	360
五、交流绕组的电动势和磁动势	364

第二节 三相异步电动机的启动、调速、制动计算	371
一、三相异步电动机的启动计算	371
1. 异步电动机直接启动	371
2. 异步电动机的降压启动计算	371
二、三相异步电动机调速的计算	382
1. 调速方法	382
2. 变极调速	383
3. 变频调速	386
4. 改变定子电压调速	388
5. 单速绕组改多速绕组的计算	388
三、三相异步电动机的制动方法与计算	395
1. 三相异步电动机的制动方法	395
2. 电源反接制动和倒拉反接制动	396
3. 能耗制动	397
4. 回馈制动	399
第三节 三相异步电动机的实用计算	401
一、三相异步电动机的改压计算	401
二、三相异步电动机的改极计算	410
三、三相异步电动机改频的计算	413
1. 绕组每相匝数与电压、频率、极数的 关系式	413
2. 改频的计算方法	414
四、空壳三相异步电动机重绕的简易计算	419
五、电动机主要尺寸关系式在改压改频中的应用	428
1. 在电动机改压中的应用	429
2. 在电动机改频中的应用	431
六、甩线图法的计算	432

第一章 直流电路的计算

电工计算是电工基础理论知识的具体应用。若想做好实际工作中的电工技术分析计算，必须在掌握理论部分的基本知识、计算公式及含义后，通过计算举例的学习，加深对其的理解、记忆，这将有助于实际应用。

第一节 电路及其基本物理量的计算

一、电路的组成与作用

1. 电路的组成

大家所熟悉的大路、公路、铁路及水路等，都是供人、车辆或船只来往通行的，它们与电路有着本质上的不同。电路是为了实现某种目的，由一些元器件构成一定的闭合回路，其内流动着人眼看不见、按一定方向流动的电流。如图 1-1 所示的干电池、开关、导线和小电珠，即构成了一个最简单的电路。

因此，概括地说，电流流过的路径统称为电路。

电路形式多种多样，千变万化，有长达数千千米的电力线路，也有小到只有几微米的集成电路。

根据电源提供的电流种类不同，电路可分为直流电路和交流电路两种。

在电路中，供给电能的设备或器件（如发电机、干电池等）称作电源，用电设备（如电动机、灯泡等）称作负载，连接电源与负载的输送线路（包括导线、开关及控制装置等）则称作中间

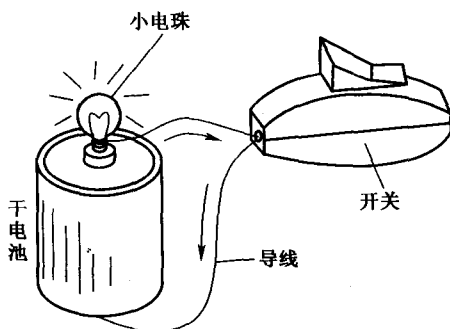


图 1-1 最简单的电路

环节。可见，无论电路结构如何复杂，均可看成是由电源、负载及连接电源与负载的中间环节三个部分组成，如图 1-2 所示。

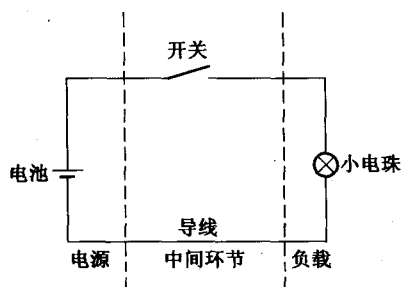


图 1-2 电路的组成

2. 电路的作用

公路、铁路和水路，是根据不同的自然环境及实际需要而建造的，并发挥相应的输送作用；而电路则可根据其工作领域的不同，将它的作用分为以下两类。

一类是用来实现电能的传输和转换，即电路将电能由电源经导线传输到相应用电设备，转换成光能、热能和机械能等。此类

电路电压相对较高，电流及功率较大，习惯上称为“强电”电路。另一类是用来进行电信号的传递和处理。它是以传递和处理信号为目的的电路，如收音机中的调谐电路，可达到接收某频率的广播之目的。此类电路的电压较低，电流及功率也较小，常称为“弱电”电路。

电路有通路、开路和短路三种状态。短路时电源提供的电流比通路时的电流大很多倍，故短路现象在电路中是不允许的，否则会将电源及线路损伤或毁坏。

二、电路的基本物理量

在河流中，河水的流量与流速是河流的基本物理量。在电路中，电流、电压及电动势等则是电路的基本物理量。在已知电路结构及元件参数的情况下，欲对电路进行分析计算，不但要考虑基本物理量的大小，还要考虑它们的方向。

1. 电流及其参考方向

在行人拥挤的街道上，人们方向不定、杂乱无章地行走，称为人流；在河床中，按一定方向流淌的水，称作水流。在电路中，带电粒子在电源（即电场力）的作用下有规则（即走向）地移动形成了电流，虽然人眼看不见，但灯泡发光、电炉发热等电流效应，就是电流存在的证明。

在金属导体中，电流是自由电子在电场力作用下定向移动形成的。在电解液中，带电粒子是正、负离子，而半导体的带电粒子则是自由电子和空穴。要产生电流必须具备存在电场和可以自由移动的电荷两个条件，二者缺一不可，就像河床中要有水流，必须有水源和流淌的水一样。因此，电流既可以是负电荷，也可以是正电荷或两者兼有的定向运动的结果。习惯上规定正电荷移动的方向为电流的实际方向，与电子移动的方向正好相反，如图1-3所示。

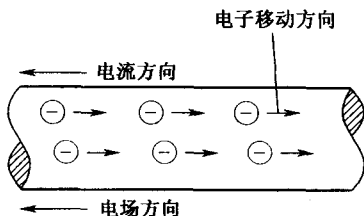


图 1-3 电荷移动方向

为了衡量电流的大小，把单位时间内通过导体横截面的电荷量，称作电流强度，简称电流。用公式表示为

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

式中： I ——导线中的电流，安培（A）；

Q ——流过导线横截面的电荷量，库仑（C）；

t ——电荷量 Q 流过的时间，秒（s）。

1 安培（A）= 1×10^3 毫安（mA）= 1×10^6 微安（ μA ）

在分析、计算较复杂的电路时，电流的实际方向往往事先难以判断出来，便采用任意选定的某方向作为电流的正方向，称作参考方向。当电流的实际方向与参考方向一致时，则计算的电流为正值；反之，则电流为负值，如图 1-4 所示。因此，进行电路分析计算时，假定电流参考方向是必不可少的，初学者一定要切记。

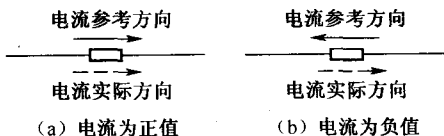


图 1-4 电流的参考方向与实际方向

【例 1】 当导线中有 2A 的电流流了 2min 时，试问流过的电