

SHIYONG DIANGONG JISUAN SHOUGE

实用电工计算手册

方大千 编著

金盾出版社

实用电工计算手册

方大千 编著

金盾出版社

内 容 提 要

本手册是一本实用电工工具书。内容包括:电工基本计算,电子技术计算,电动机及绕组重绕计算,电动机控制线路计算,变压器计算,输配电及工厂供电计算,电容器及无功补偿计算,以及其他常用电工计算等共8章。

本手册内容丰富,为便于读者应用和掌握,还配有大量的计算实例,可供广大工矿企业及农村电工、电力系统电工和工程技术人员学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

实用电工计算手册/方大千编著.--北京:金盾出版社,2011.4

ISBN 978-7-5082-6734-0

I. ①实… II. ①方… III. ①电工—计算—手册
IV. ①TM11-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 237609 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京蓝迪彩色印务有限公司

正文印刷:北京三木印刷有限公司

装订:北京三木印刷有限公司

各地新华书店经销

开本:880×1230 1/64 印张:12.75 字数:468 千字

2011 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~8 000 册 定价:29.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

电气工作者在日常工作和技改中,经常涉及电气的计算。本手册详细地介绍了电气工作者最常涉及的电工计算。这些计算公式和计算方法没有冗长的推导过程和过多的参数,使用起来方便、快捷。在介绍某项计算公式和方法的同时,都配有实际工程计算实例,从而使读者快速掌握电工计算技巧。

作者在手册内容的编排上突出实用性,力求准确、简明,并充分注意内容的先进性和新颖性。另外,在编写手法上采用表格的方式,从而大大增加本书的信息量,同时使所表述的计算公式和计算方法更加清晰、明了,更便于读者学习、应用。手册中采用法定计量单位和国家绘图标准。

作者长期从事电气、自动化工作,参加过许多重点工程的建设,实践经验丰富,可保证本手册内容的实用性、新颖性和准确性。

参加本手册编写工作的有方大千、方成、方立、方亚平、张正昌、郑鹏、朱丽宁、朱征涛、方亚敏、张荣亮、许纪秋、卢静、刘梅、孙文燕、方欣、那罗丽和那宝奎等同志。全书由方大中高级工程师审校。

由于作者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,希望读者批评指正。

作 者

目 录

1 电工基本计算	1
1.1 正弦量及对称分量的计算	1
1.1.1 正弦量、矢量及复数计算	1
1.1.2 对称分量及其计算	3
1.2 电工学基本公式、定律及计算	7
1.2.1 常用电工计算公式	7
1.2.2 电阻、电感和电容的串联、并联计算	12
1.2.3 电路和磁路的基本定律	16
1.2.4 电阻、电感和电容在电路中的计算	19
1.2.5 网络变换的基本方法及计算	22
1.3 交流电路计算	27
1.3.1 正弦交流电的计算	27
1.3.2 对称三相电路计算	30
1.3.3 三相负载的星形联结和三角形联结的 计算	31
1.3.4 非正弦交流电基本计算	39
1.3.5 交流电路谐振计算	52
1.3.6 电容、电感电路的瞬变计算	57
1.4 磁路计算	62

1.4.1	磁路基本公式及定律	62
1.4.2	电磁感应计算公式	64
1.4.3	直流磁路计算	65
1.5	电感和电容计算	67
1.5.1	电感计算	67
1.5.2	电容计算	72
2	电子技术计算	76
2.1	整流电路计算	76
2.1.1	常用整流电路计算	76
2.1.2	整流元件计算	83
2.2	滤波电路计算	85
2.2.1	常用滤波电路	85
2.2.2	滤波电路计算	87
2.2.3	电动机和变压器的电感量估算	91
2.3	直流稳压电源计算	95
2.3.1	并联型稳压电源计算	95
2.3.2	简单串联型稳压电源计算	99
2.3.3	带有直流放大环节的稳压电源计算	103
2.4	放大电路计算	108
2.4.1	晶体管工作状态判别的计算	108
2.4.2	晶体管三种偏置电路计算	113
2.4.3	交流放大电路计算	116
2.4.4	负反馈电路计算	128
2.4.5	场效应管放大电路计算	132

2.4.6	晶体管直流放大器电路计算	136
2.4.7	差动直流放大器电路计算	139
2.4.8	功率放大电路计算	143
2.5	振荡电路计算	150
2.5.1	RC 振荡电路计算	150
2.5.2	LC 振荡电路计算	151
2.5.3	采用 555 时基集成电路的多谐振荡器电路 计算	151
2.5.4	常用非正弦振荡器电路计算	159
2.6	集成运算放大电路计算	163
2.6.1	集成运算放大器的基本参数及计算	163
2.6.2	集成运算放大器的基本电路及计算	163
2.7	电力电子器件应用电路的计算	173
2.7.1	晶闸管电路计算	173
2.7.2	阻容移相桥触发电路计算	187
2.7.3	单结晶体管触发电路计算	190
2.7.4	带晶体管自动控制的单结晶体管触发电路 计算	196
2.7.5	带晶体管功率放大的单结晶体管触发电路 计算	201
2.7.6	直流电动机晶闸管调速电路计算	201
2.7.7	单相并联逆变器电路计算	213
2.7.8	三相并联逆变器电路计算	220
2.8	数字电路的有关计算	222

2.8.1	逻辑代数及其基本运算	222
2.8.2	逻辑关系式的简化	224
2.8.3	“或”、“与”、“非”运算门电路及计算	228
2.8.4	“或非”、“与非”、“异或”、“与或非”运算门 电路及计算	228
2.8.5	TTL 集成门电路及计算	230
2.8.6	反相器电路计算	238
2.8.7	双稳态触发器电路计算	238
2.8.8	单稳态触发器电路计算	248
2.8.9	多谐振荡器电路计算	255
2.8.10	时钟触发器等电路计算	263
3	电动机及绕组重绕计算	269
3.1	电动机基本计算	269
3.1.1	异步电动机基本参数计算	269
3.1.2	异步电动机的机械特性和转矩特性	270
3.1.3	异步电动机负荷率、效率和功率因数的 计算	276
3.1.4	绕线型异步电动机转子电阻的计算	280
3.1.5	直流电动机基本参数计算	281
3.1.6	直流电机电枢回路电感电阻的计算	284
3.2	电动机功率的选择计算	286
3.2.1	电动机功率选择的基本原则和计算	286
3.2.2	卷扬机电动机功率的计算	289
3.2.3	农业机械电动机功率的计算	292

3.3 电动机绕组重绕计算	300
3.3.1 三相异步电动机空壳绕组重绕计算	300
3.3.2 电动机重绕圆导线代换计算	306
3.3.3 并联支路数和接线方式同时改变时导线 代换计算	307
3.3.4 铜、铝导线代换计算	314
3.3.5 电动机改压计算	316
3.3.6 电动机改极重绕计算	329
3.3.7 电动机改频计算	334
3.3.8 单速绕组改多速绕组的计算	337
3.3.9 正弦绕组单相异步电动机各线槽的线圈 匝数计算	343
3.3.10 罩极式电动机绕组重绕计算	345
4 电动机控制线路计算	351
4.1 电动机起动计算	351
4.1.1 异步电动机直接起动功率的确定	351
4.1.2 异步电动机降压起动方式的选择	352
4.1.3 异步电动机串电阻降压起动的计算	352
4.1.4 星-三角起动器的选择计算	359
4.1.5 自耦减压起动器的选择计算	361
4.1.6 绕线型异步电动机起动电阻计算	366
4.1.7 延边三角起动法的计算	371
4.1.8 直流电动机电枢串电阻起动的计算	371
4.2 电动机制动计算	380

4.2.1	异步电动机制动方式的选择	380
4.2.2	异步电动机反接制动计算	382
4.2.3	异步电动机能耗制动计算	382
4.2.4	异步电动机电容制动计算	391
4.2.5	直流他励电动机反接制动计算	394
4.2.6	直流他励电动机能耗制动计算	394
4.3	电动机软起动及调速计算	399
4.3.1	电动机调速方式的选择	399
4.3.2	绕线型异步电动机转子附加电阻调速 的计算	399
4.3.3	直流电动机调速方式的选择	404
4.3.4	直流电动机电枢串电阻调速的计算	407
4.3.5	软起动器的选用	408
4.3.6	变频器的选择计算	411
4.3.7	变频器主回路和控制回路电线的选择 ...	420
4.4	电动机保护及配套设备的选择计算	421
4.4.1	电动机主要保护用电器元件的选择及 整定	421
4.4.2	断路器的选择与整定	426
4.4.3	刀开关和转换开关的选择计算	428
4.4.4	熔断器的选择计算	428
4.4.5	热继电器的选择计算	433
4.4.6	交流接触器的选择计算	440
4.4.7	直流接触器的选择	452

5	变压器计算	455
5.1	变压器基本计算及并联运行计算	455
5.1.1	变压器的原理与基本参数计算	455
5.1.2	变压器负荷率和效率等计算	459
5.1.3	变压器损耗计算与测算	463
5.1.4	V/V 连接变压器的计算	467
5.1.5	变压器并联运行计算	470
5.2	变压器容量的选择计算	477
5.2.1	照明负荷变压器容量的选择计算	477
5.2.2	动力负荷变压器容量的选择计算	479
5.2.3	农用变压器容量的选择计算	481
5.2.4	电力排灌站变压器容量的选择计算	483
5.3	变压器设计与计算	485
5.3.1	单相整流变压器的设计	485
5.3.2	单相小型电源变压器设计	492
5.3.3	单相自耦变压器设计	500
5.3.4	电动机起动用自耦变压器设计	503
5.3.5	发电机励磁变压器设计	507
5.4	变压器干燥处理计算	510
5.4.1	涡流法干燥变压器的计算	511
5.4.2	绕组铜损干燥变压器的计算	515
6	输配电及工厂供电计算	517
6.1	导线、电缆和母线的电阻和电抗计算	517
6.1.1	导线、电缆的电阻和电抗计算	517

6.1.2	母线的电阻和电抗计算	519
6.1.3	架空线路的电感和电容计算	521
6.1.4	电缆电阻的精确计算和电感、电容 计算	525
6.2	导线、电缆的选择计算	528
6.2.1	按经济电流密度选择导线截面的计算 ...	528
6.2.2	按安全载流量选择导线截面的计算	534
6.2.3	按允许电压损失选择及校验导线截面的 计算	537
6.2.4	按机械强度选择导线截面	541
6.2.5	电缆的选择计算	542
6.3	电压损失和线损计算	552
6.3.1	直流线路计算	552
6.3.2	交流线路电压损失计算	555
6.3.3	380/220V 系统中零线电位升高的 计算	561
6.3.4	交流线路线损计算	565
6.3.5	低压配电线路线损的简易计算	567
6.3.6	不同供电方式下的电压降和线损的 比较	569
6.3.7	不同负荷分布下的电压降和线损的 比较	571
6.4	工厂用电量及民用建筑负荷计算	573
6.4.1	需要系数法的负荷计算	573

6.4.2	单相负荷换算成三相负荷的计算	587
6.4.3	二项式法的负荷计算	589
6.4.4	尖峰电流计算	592
6.4.5	民用建筑用电负荷的计算	596
6.5	工厂配电用断路器和熔断器的选择计算	604
6.5.1	配电用断路器的选择及整定	604
6.5.2	配电用断路器额定电流的选择计算	607
6.5.3	无限大容量系统低压线路短路电流的 计算	610
6.5.4	低压断路器及熔断器的级间配合计算 ..	622
6.6	照明计算	630
6.6.1	照明负荷的计算	630
6.6.2	照明导线截面选择计算	633
6.7	接地(接零)与防雷计算	637
6.7.1	接触电压和跨步电压的计算	637
6.7.2	单根人工接地体的接地电阻计算	640
6.7.3	多根及复式人工接地体的接地电阻 计算	643
6.7.4	人工接地坑和接地沟的散流电阻的 计算	648
6.7.5	防雷保护接地电阻的计算	651
6.7.6	单支避雷针保护范围的计算	658
6.7.7	保护接零计算	661
7	电容器及无功补偿计算	663

7.1 基本计算及电容器配套设备的选择计算	663
7.1.1 功率因数及电容器基本计算	663
7.1.2 电容器电容量及有功功率和无功功率 测算	663
7.1.3 电容器放电电阻和放电电感的计算	663
7.1.4 电容器保护用熔断器的选择计算	674
7.2 电气设备无功补偿容量计算	677
7.2.1 功率因数和无功补偿容量的测算	677
7.2.2 关于《功率因数调整电费办法》的规定	681
7.2.3 几种设备无功补偿容量的确定	685
7.2.4 采用电容补偿调压的计算	695
7.3 无功补偿效果的计算	696
7.3.1 提高功率因数增加线路供电能力的 计算	696
7.3.2 提高功率因数增加变压器供电能力的 计算	698
7.3.3 提高功率因数与降损关系的计算	700
7.3.4 提高功率因数与降低变压器铜损的 计算	703
7.3.5 提高功率因数与改善电压关系的计算	703
8 其他常用电工计算	707
8.1 电热炉计算	707
8.1.1 箱式电阻炉计算	707
8.1.2 并联式保温电热带s的计算	713
8.1.3 硅碳电热炉计算	716

8.2 电工测量仪表计算	723
8.2.1 电工仪表的误差计算	723
8.2.2 直流电流表、电压表扩程计算	725
8.2.3 交流电流表、电压表扩程计算	727
8.2.4 穿心式电流互感器变流比的计算	730
8.2.5 电能表与互感器合成倍率的计算	731
8.2.6 热电耦计算	732
8.2.7 热电阻计算	735
8.2.8 温度指示、控制仪表的计算	735
8.3 直流屏蓄电池容量的计算	743
8.3.1 铅酸蓄电池容量的计算	743
8.3.2 镉镍蓄电池或免维护铅酸蓄电池容量 的计算	746
8.3.3 不间断电源(UPS)容量和配用电缆截 面的选择计算	749
附录	752
附录一 常用计量单位及其换算	752
附录二 常用电工图形符号和文字符号	759
附录三 导线安全载流量	770
附录四 Y 系列小型异步电动机技术数据	782
附录五 电磁线	790
附录六 磁性材料	798

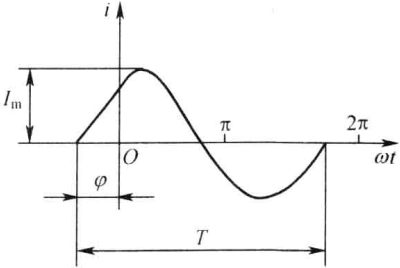
1 电工基本计算

1.1 正弦量及对称分量的计算

1.1.1 正弦量、矢量及复数计算

电工学中常用的正弦量、矢量及复数的表示见表 1-1~表 1-5。

表 1-1 正弦量的表示法

瞬时值表达式	$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ i —— 瞬时值; I_m —— 最大值; ω —— 电角频率 $\omega = 2\pi f$, φ —— 初相角
曲线表示法	 I_m —— 电流最大值; φ —— 初相角; ω —— 电角频率; T —— 周期

续表 1-1

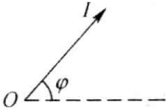
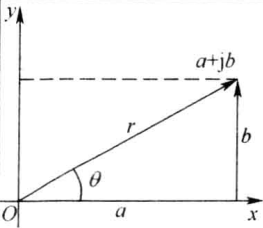
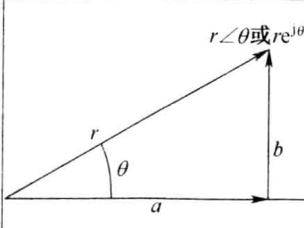
旋转矢量表示法	电流有效值: $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$  电压有效值: $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$
复数表示法 (符号法)	复数最大值表示式: $\dot{I}_m = I_m \angle \varphi$ 或 $\dot{I}_m = I_m e^{j\varphi}$ 复数有效值表示式: $\dot{I} = I \angle \varphi$ 或 $\dot{I} = I e^{j\varphi}$, 其中 $I = I_m / \sqrt{2}$

表 1-2 复数的表示法

坐标制	直角坐标形式	极坐标形式
表示法	$a + jb$	$r \angle \theta$ 或 $re^{j\theta}$
图形表示法		
两种坐标式的互换	$a + jb = r \cos \theta + jr \sin \theta$	$r \angle \theta = \sqrt{a^2 + b^2} \angle \arctan \frac{a}{b}$ 或 $re^{j\theta} = \sqrt{a^2 + b^2} e^{j \arctan \frac{a}{b}}$