

简明电工

实用手册

(修订版)

主 编 周小群
副主编 梁红兵 潘旺林
主 审 李建勇

Jianming Diangong Shiyong Shouce
Jianming Diangong Shiyong Shouce



本书系统地介绍了最重要、最实用的电工知识和技术及产品资料、最有效的维护技术及最新的国家标准

简明电工实用手册

JIANMING DIANGONG SHIYONG SHOUC

修订版

主 编 周小群

副主编 梁红兵 潘旺林

主 审 李建勇



时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

简明电工实用手册(修订版)/周小群主编. —2 版.
—合肥:安徽科学技术出版社, 2012. 1
ISBN 978-7-5337-3468-8

I. ①简… II. ①周… III. ①电工-技术手册
IV. ①TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 024805 号

简明电工实用手册(修订版)

周小群 主编

出版人: 黄和平 选题策划: 刘三珊 责任编辑: 刘三珊
责任校对: 程 苗 责任印制: 廖小青 封面设计: 王 艳
出版发行: 时代出版传媒股份有限公司 <http://www.press-mart.com>
安徽科学技术出版社 <http://www.ahstp.net>
(合肥市政务文化新区翡翠路 1118 号出版传媒广场, 邮编: 230071)
电话: (0551)3533330
印 制: 合肥晓星印刷有限责任公司 电话: (0551)3358718
(如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂商联系调换)

开本: 850×1168 1/32 印张: 20.75 字数: 790 千
版次: 2012 年 1 月第 2 版 2012 年 1 月第 4 次印刷

ISBN 978-7-5337-3468-8

定价: 45.00 元

版权所有, 侵权必究

前 言

随着国民经济和现代科学技术的迅猛发展,我国电工的设计、制造、运行和控制技术发生了深刻的变革,一大批新原理、新材料、新结构、新工艺、新技术、新性能的产品得到广泛开发和应用,新的应用和新的需求同时也推动着电工技术本身的迅速发展。面对新的形势,广大从事电气工程技术工作的人员迫切需要知识更新,特别是学习和掌握与新的应用领域有关的新技能。为此,我们组织编写了《简明电工实用手册》。

本手册编委会邀请有关专家和教授就各自擅长的领域分工编写,编写时综合考虑实际需要和篇幅容量,在取材上,遵循实用和精练;在内容上,力争做到通俗易懂。手册系统地介绍了有关的最新国家标准、最必要的电工知识、最实用的产品资料、最有效的维护技术。本手册具有公式数据可靠、资料技术翔实、方法理论实用的特点。

本手册在编写过程中引用了大量的国内外有关书籍及产品样本中的数据、资料等,在此谨向有关作者、厂家和科研单位表示衷心的感谢!

本手册由上海电机技术学院周小群教授主编,副主编为上海电气集团潘旺林及上海电机厂梁红兵高级工程师。参加编写人员主要有徐国富、张军、王吉华、路明、王琳、王阳、汤德品、李群英、徐斌、袁伟军、高劲、钱叶斌、李斌、汪恕兵、冯伟国、高杰、章怡、潘达鸣、夏建国、陆琴桦、胡晓青等同志。全书最后由李建勇教授主审。

黄海平先生对校样进行审读,并提出修改建议,在此表示感谢。

由于水平有限,书中错误在所难免,热忱欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 电工基础知识.....	1	3.3 接地电阻测试仪.....	84
1 常用名词	1	第3章 电动机	85
2 电工常用计算公式	3	1 概述	85
3 电工常用图形符号及文字 符号	9	1.1 电动机的型号及 分类	85
3.1 电工常用图形符号	9	1.2 电动机的基本技术 要求	87
3.2 电工常用文字符号	40	1.3 电动机型式及功率 等级	95
第2章 常用电工仪器仪表	44	1.4 电动机常用计算 公式	97
1 概述	44	2 三相异步电动机	101
1.1 常用电工仪器仪表 分类	44	2.1 三相异步电动机分类	101
1.2 电工仪表面板上的 符号及意义	48	2.2 三相异步电动机主要 技术数据	106
1.3 电工仪表的型号表示 方法	49	2.3 三相异步电动机的安 装、运行及维护	122
2 常用电工测量及其 仪表的选用	52	3 直流电动机	132
2.1 电流和电压的测量	52	3.1 直流电动机的分类及 型号	132
2.2 电阻的测量	56	3.2 直流电动机主要技术 数据	133
2.3 功率和功率因数的 测量	65	3.3 直流电动机的运行、 维护及保养	145
2.4 电能的测量	71		
3 常用电工测量仪器	77		
3.1 电子交流电压表	77		
3.2 耐压泄漏测试仪	80		

2 目 录

4 微电机	150	2 常用低压电器	254
4.1 驱动微电机	150	2.1 刀开关和转换开关	254
4.2 控制微电机	175	2.2 熔断器	267
第4章 变压器	197	2.3 断路器	286
1 概述	197	2.4 接触器	299
1.1 变压器的主要技术 参数	197	2.5 启动器	310
1.2 变压器的分类及 结构	201	2.6 继电器	318
1.3 变压器的联结组别	207	2.7 主令电器	354
2 电力变压器	212	2.8 控制器	374
2.1 电力变压器的基本 数据	212	第6章 变配电及供电系统	380
2.2 电力变压器的运行	214	1 电力负荷及其计算	380
2.3 常用电力变压器的 技术数据	217	1.1 按需要系数法确定 计算负荷	381
3 小型及特种变压器	226	1.2 按二项式系数法确定 计算负荷	383
3.1 控制及局部照明变 压器	226	1.3 单相用电设备组 计算负荷的确定	383
3.2 整流变压器	228	1.4 工业企业总计算 负荷的确定	384
3.3 电抗器	234	1.5 家庭用电负荷的 计算	386
3.4 电流互感器	235	2 短路电流及其计算	388
3.5 电压互感器	241	2.1 短路的形式	388
3.6 接触调压器	243	2.2 无限容量系统三相短 路电流的计算	389
3.7 感应调压器	244	2.3 两相短路电流的 计算	393
第5章 低压电器	248	3 变配电及主接线图	394
1 概述	248	3.1 变配电所的选择	394
1.1 低压电器的分类及 应用	248	3.2 工厂变配电所的主接 线图	403
1.2 低压电器的型号及 意义	250	3.3 车间和小型工厂变电 所的主接线图	406
1.3 低压电器工作条件及 检修周期	253	3.4 工厂总降压变电所的	

主接线图	414	1.2 电阻器	473
4 工厂电力线路	419	1.3 电位器	476
4.1 工厂电力线路及其		1.4 敏感电阻器	479
接线方式	419	1.5 电容器	484
4.2 架空配电线路	421	2 半导体分立器件	487
4.3 电缆线路	424	2.1 分立器件	487
4.4 户内配电线路	433	2.2 集成电路	519
4.5 导线及电缆的选择	438	2.3 放大器	522
4.6 工厂电力线路的运			
行维护	440	第9章 电工材料	536
第7章 常用机械电气控制线路		1 导电材料	536
.....	444	1.1 裸电线	536
1 常用电动机的控制	444	1.2 绝缘电线	543
1.1 电机控制的一般		1.3 电缆	548
原则	444	1.4 电磁线	551
1.2 笼型异步电动机的		1.5 常用电刷制品	555
起动、调速及制动	444	1.6 常用电阻合金	557
1.3 他励直流电动机的起		2 绝缘材料	559
动和制动	453	2.1 绝缘材料的耐热	
2 常用电气控制电路	461	等级	560
2.1 启动控制电路	461	2.2 绝缘漆	560
2.2 步进、步退控制		2.3 绝缘浸渍纤维	
电路	464	制品	561
2.3 自动往返控制电路	465	2.4 电工用薄膜、粘带及	
2.4 具有联锁作用的		复合材料	562
控制电路	466	2.5 绝缘层压板制品	564
2.5 点动控制电路	467	2.6 绝缘云母制品	565
2.6 过流保护控制电路	467	2.7 绝缘子	566
2.7 制动控制电路	468	3 导磁材料	571
第8章 电子技术	471	3.1 软磁材料	571
1 常用电子元件	471	3.2 永磁材料	581
1.1 电阻器、电容器的型号		第10章 现代照明	587
命名及标志方法	471	1 照明基础知识	587
		1.1 常用名词术语	587

1.2 电光源的分类及主要技术特性	589	5.3 送电及试灯	627
2 照明电光源	591	5.4 照明线路故障的处理	628
2.1 白炽灯	591	5.5 照明灯具故障处理方法	630
2.2 荧光灯	593		
2.3 节能型荧光灯	596		
2.4 荧光高压汞灯	599	第 11 章 安全用电与节约用电 ..	635
2.5 高压钠灯	601	1 触电预防及急救	635
2.6 卤钨灯	602	1.1 触电及其预防	635
3 电气装置件	603	1.2 触电的急救	637
3.1 开关	603	2 接地装置与防雷保护	638
3.2 灯座	607	2.1 接地装置	638
3.3 插头与插座	610	2.2 防雷保护	644
3.4 线盒及其他器件	618	3 防火与防爆	649
4 普通电灯的安装	619	3.1 电气灭火	649
4.1 白炽灯的安装	619	3.2 电气防爆	650
4.2 荧光灯的安装	623	4 静电防护	653
5 照明装置故障的处理方法	625	4.1 静电的产生	653
5.1 照明装置故障处理要点	625	4.2 静电的特点及危害	653
5.2 照明电路的检查和测试	626	4.3 静电的防护	654
		参考文献	655

第 1 章 电工基础知识

1 常用名词

常用名词及解释见表 1.1.1。

表 1.1.1 常用名词及解释

名 词	解 释
电源	能将其他形式的能量转换成电能的装置叫电源。如发电机、蓄电池和光电池等
负荷	又称负载,是指吸收功率的器件或者指器件输出的功率。如电动机、电灯、继电器等
电荷	电荷是指物体的带电质点。电荷有正电荷和负电荷两种。电荷之间存在着相互作用力,同性电荷相互排斥,异性电荷相互吸引。电荷存在着相互的作用力的大小与电荷的多少成正比,与电荷间距离的平方成反比
导体	具有良好的传导电流能力的物体称为导体。通常导体分为两类:像金属以及大地、人体等,称为第一类导体;像酸、碱、盐的水溶液以及熔融的电解质等,称为第二类导体
绝缘体	不善于传导电流的物体称为绝缘体
半导体	导电性能介于金属和绝缘体之间的物体。随着杂质含量及外界条件(光照、温度或压强等)的改变,半导体的导电性能会发生显著变化
电流	电荷的定向流动,它可以是正电荷、负电荷或正、负电荷同时做有规则的移动而形成的
电流密度	通过垂直于电荷流动方向的单位面积上的电流大小
电路	用导体把电源、用电元器件或设备连接起来,构成的电流通路称为电路
电压	在静电场中,将单位正电荷从 a 点移到 b 点过程中电场力所做的功,在数值上等于这两点间的电压。又称这两点间的电势差或电位差

续表

名 词	解 释
电压降	又称电位降。是指沿有电流通过的导体或在有电流通过的电路中电位的减小
电动势	将单位正电荷从负极通过电源内部移动到正极时非静电力所做的功。或者说,电源的电动势等于在外电路断开时电源两极间的电势差
感应电动势	分为动生电动势和感生电动势。动生电动势是指组成回路的导体(整体或局部)在恒定磁场中运动时使回路中磁通量发生变化而产生的电动势;感生电动势是指固定回路中磁场发生变化使回路磁通量改变而产生的电动势
电阻	通常解释为物质阻碍电流通过的能力。根据欧姆定律,导体两端的电压和通过导体的电流成正比,比值称为电阻
电阻率	表征物质导电的特性参数。电阻率越小,导电本领越强。导体的电阻率会受一些物理因素(如热、光、压力等)影响
电导	表征物质导电特性的物理量。它是电阻的倒数
电导率	电阻率的倒数
电容	表征导体或导体系统容纳电荷的性能的物理量
电场	有能发生力的电状态存在的空间的一个区域。电场具有特殊的性质,当放进一个带电体时,这个带电体就会受到电场的作用
电场强度	电场强度是表示电场作用于带电物体上作用力大小和方向的一个物理量
电感	是自感与互感的统称。自感是指通过闭合回路的电流变化引起穿过它的磁通量发生变化而产生感应电动势的现象;互感是指一个闭合回路中电流变化使穿过邻近另一个回路中磁通量发生变化而在该回路中产生感应电动势的现象
直流电	电荷流动方向不随时间改变的电流
交流电	大小和方向随时间做周期性变动且在一个周期内平均值为零的电流称为交流电流,简称交流电
频率	周期的倒数
瞬时值	交流电在任一时刻的量值称为瞬时值
有效值	交流电在一个周期内的方均根值。亦即,将交流电通过一电阻在一个周期内消耗的能量,若与一直流电通过同一电阻在相同时间内消耗的能量相等,则此直流电的量值被定义为该交流电的有效值
感抗	交流电通过具有电感的电路时,电感阻碍电流流过的作用
容抗	交流电通过具有电容的电路时,电容阻碍电流流过的作用
阻抗	交流电通过具有电感、电容和电阻的电路时,电感、电容和电阻共同阻碍电流流过的作用

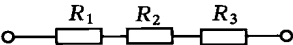
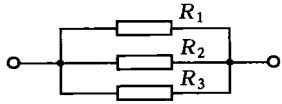
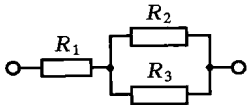
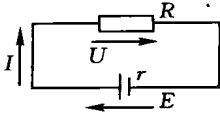
续表

名 词	解 释
相位	交流电是随时间按正弦规律变动的物理量,用公式可表示为 $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ 式中, $\omega t + \varphi$ 称该交流电在某一瞬时 t 的相位,而 $\varphi(t=0)$ 称为初相。因相位常以角度表示,故又可称相角。ω 称为角频率
相位差	两个频率相同的正弦交流电的初相位之差称为相位差或相角差
瞬时功率	指交流电路中任一瞬间的功率
视在功率	在具有电阻和电抗的电路中,电压与电流有效值的乘积称为视在功率
有功功率	交流电路功率在一个周期内的平均值称为平均功率,也称为有功功率。它实质上反映了电路从电源取得的净功率
无功功率	在具有电感或电容的电路中,反映电路与外电源之间能量反复授受的程度量值称为无功功率。实质上是指只与电源交换而不消耗的那部分能量
功率因数	是指有功功率与视在功率的比值
相电压	在三相交流系统中,任一根火线与中性线之间的电压叫做相电压
线电压	在三相交流系统中,任两根火线之间的电压叫做线电压
相电流	在三相负载中,每相负载中流过的电流叫做相电流
线电流	三相电源线各线中流过的电流叫做线电流
磁感应强度	在磁场中的某一点,单位正电荷以单位速度向着与磁场方向相垂直的方向运动时所受到的磁场力,称为这一点的磁感应强度
磁通量	亦即磁感应强度的通量
磁通(量)密度	指垂直于磁场的单位截面积上通过的磁通量。它与磁感应强度在数值上是一致的
磁阻	磁路对磁通量所起的阻碍作用
剩磁	铁磁物质在外磁场中被磁化,当外磁场消失后,铁磁物质仍保留一定的磁性,称作剩磁

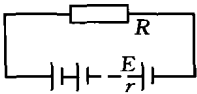
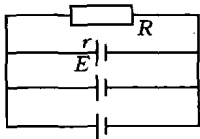
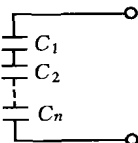
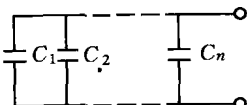
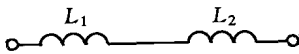
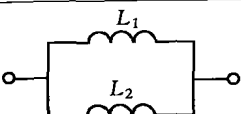
2 电工常用计算公式

电工常用计算公式见表 1.2.1。

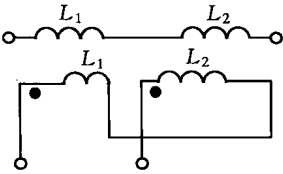
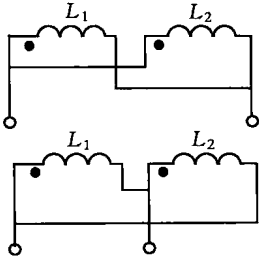
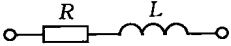
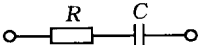
表 1.2.1 电工常用计算公式

项 目	公 式	
电流的计算	$I = \frac{Q}{t}$	Q ——电量(C); t ——时间(s); I ——电流(A)
电压的计算	$U = \frac{W}{Q}$	W ——电能(J); U ——电压(V)
欧姆定律	$I = \frac{U}{R}$	R ——电阻(Ω)
直流电路功率	$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	P ——电功率(W)
电阻的计算	$R = \rho \frac{l}{S}$	l ——长度(m); S ——截面(mm^2); ρ ——电阻系数($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
电阻与温度的关系	$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$	R_t, R_{20} —— $t^\circ\text{C}$ 和 20°C 时的电阻(Ω); α ——电阻温度系数($1/^\circ\text{C}$)
电阻串联		$R = R_1 + R_2 + R_3$
电阻并联		$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
电阻复联		$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$
全电路欧姆定律		E ——电源电动势(V); R ——负载电阻(Ω); r ——电源内阻(Ω)

续表

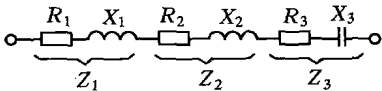
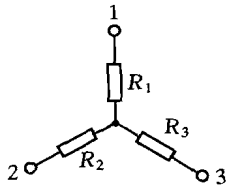
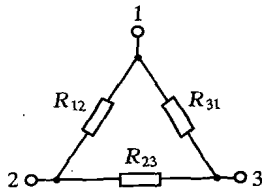
项 目	公 式	
电池组串联		$I = \frac{nE}{R + nr}$ n ——电池数量
电池组并联		$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$
电功及电功率的计算	$W = QU = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$ $P = \frac{W}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	R ——电阻(Ω); t ——时间(s)
焦耳—楞次定律	$Q = I^2 R t$	Q ——热量(J)
电容的计算	$C = \frac{Q}{U}$	Q ——电量(C); C ——电容(F)
电容串联		$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$
电容并联		$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$
线圈电感计算	$L = \frac{\varphi}{I} = \frac{W\Phi}{I}$	φ ——磁链(Wb); W ——线圈匝数; Φ ——磁通(Wb)
无互感线圈串联		$L = L_1 + L_2$
无互感线圈并联		$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$

续表

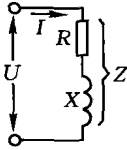
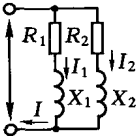
项 目	公 式
有互感线圈 串联	 $L = L_1 + L_2 + 2M$ $L = L_1 + L_2 - 2M$ L_1, L_2——线圈 1、2 的自感(H) M——线圈 1、2 的互感(H)
有互感线圈 并联	 $L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$ $L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$
电阻、电感串联	 $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ 其中 $X_L = 2\pi fL$
电阻、电容串联	 $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}, X_C = \frac{1}{2\pi fC}$
电阻、电感、电 容串联	 $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $= \sqrt{R^2 + X^2}$ 其中 $X = X_L - X_C$

式中 Z ——阻抗(Ω);
 R ——电阻(Ω);
 X_L ——感抗(Ω);
 X_C ——容抗(Ω);
 X ——电抗(Ω);
 L ——电感(H);
 C ——电容(F);
 f ——频率(Hz)

续表

项 目	公 式
阻抗串联	 $Z = \sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 - X_3)^2}$ $= \sqrt{R^2 + X^2}$ $R = R_1 + R_2 + R_3, X = X_1 + X_2 - X_3$ 注意: $Z \neq Z_1 + Z_2 + Z_3$
交流电路 T 、 ω 、 f 的关系	$T = \frac{1}{f} \quad \omega = 2\pi f$ f——频率(Hz); T——周期(s); ω——角频率(rad/s)
交流电有效值和最大值的关系	$U_E = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} \quad I_E = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$
交流电平均值和最大值的关系	$U_A = \frac{2}{\pi} U_{\max} \quad I_A = \frac{2}{\pi} I_{\max}$
电阻星形、三角形连接互换	星形化为三角形  $R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$ $R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$ $R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$
	三角形化为星形  $R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_2 = \frac{R_{23} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_3 = \frac{R_{31} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$

续表

项 目	公 式
交流电路中电压、电流、阻抗三者之间关系 (欧姆定律)	 $I = \frac{U}{Z}$ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$
交流电路功率	$P = UI \cos \varphi = I^2 R$ $Q = UI \sin \varphi = I^2 X$ $S = UI = I^2 Z$ $\cos \varphi = \frac{R}{Z}, \sin \varphi = \frac{X}{Z}$
交流并联电路的总电流	 $I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2I_1 I_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}$ $\varphi = \arctan \frac{I_1 \sin \varphi_1 + I_2 \sin \varphi_2}{I_1 \cos \varphi_1 + I_2 \cos \varphi_2}$ $\varphi_1 = \arctan \frac{X_1}{R_1}, \varphi_2 = \arctan \frac{X_2}{R_2}$ 式中 φ——总电流 I 与电压 V 之间的相角; φ_1——第一支路电流 I_1 与电压 V 之间的相角; φ_2——第二支路电流 I_2 与电压 V 之间的相角
三相交流电路中 中线电压与相 电压以及线电 流与相电流的 关系	负载三角形(Δ)接法: $V_L = V_{LN}$ $I_L = \sqrt{3} I_{LN}$ (负载对称时此式才成立) 负载星形(Y)接法: $I_L = I_{LN}$ $V_L = \sqrt{3} V_{LN}$ (有中线时此式才成立,与负载是否对称无关) 式中 V_L, I_L——线电压与线电流; V_{LN}, I_{LN}——相电压与相电流

续表

项 目	公 式
对称三相交流电路功率	$P = \sqrt{3}VI \cos\varphi$ $Q = \sqrt{3}VI \sin\varphi$ $S = \sqrt{3}VI$ 式中 V——线电压(V); I——线电流(A); φ——相电压与相电流之间的相角
直流电磁铁吸引力	$F = 4B^2S \times 10^3$ 式中 F——吸引力(N); B——磁感应强度(T); S——磁路的截面积(m²)
电动机额定转矩	$M = 9550 \frac{P}{n}$ 式中 M——电动机额定转矩(N·m); P——电动机额定容量(kW); n——电动机转速(r/min)

3 电工常用图形符号及文字符号

3.1 电工常用图形符号

电工常用图形符号见表 1.3.1 和 1.3.2。