

机电工人技术丛书

刘光源

主编

简明 电工 手册

第四版

上海科学技术出版社

机电工人技术丛书

简明电工手册

(第四版)

刘光源 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

简明电工手册 / 刘光源主编. —4 版. —上海: 上海科学技术出版社, 2013. 3

(机电工人技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 5478 - 1481 - 9

I. ①简… II. ①刘… III. ①电工技术—技术手册
IV. ①TM - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 232651 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 889 × 1194 1/32 印张 22.625

字数: 630 千字

2013 年 3 月第 4 版 2013 年 3 月第 11 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5478 - 1481 - 9/TM · 32

定价: 56.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本手册共分十一章,内容包括:电工基础知识,常用电工材料,常用电工测量仪表,室内外线路及电缆线路的安装,变压器,异步电动机,直流电动机,照明装置,低压电器,常用机床电气控制线路,电工安全操作技术。

手册第四版,经修订后,内容更简明实用,可供工矿企业电气安装工、乡镇企业电工使用,也可供电气工程技术人员参考。

前 言

本手册自1985年出版第一版以来,深受全国各地广大电工和电气技术人员的欢迎,多次重印。为了更好地满足广大电工和电气技术人员的需要,我们将此手册再次进行了多次修订。对有些内容作了修改和补充。

本手册详细介绍了电工工具的使用技巧和基本操作技能;中小型交、直流电动机的拆装和维修方法;室内外线路、电缆线路和照明装置的安装和维修方法;剩余电流动作保护器(RCD)的选用、安装和接线;常用低压电器、机床电气设备的安装、调试、使用和维修。

本手册以电工的基本操作技能和维修为主,可操作性强。可使广大上岗、转岗和在岗的电气工人和农村电工用较短的时间掌握电工工艺和操作技能。

本手册中所用的技术标准,电气图形符号均为最新国家标准,内容丰富,实用性强。

本手册由刘光源主编,参加编写的还有周家宝、费文祥、许定芳、张佩连及许玉萍。由于本人学识和技术水平有限,书中难免有不足及疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 电工基础知识	1
一、常用计算公式及基本定律	1
1. 常用计算公式	1
2. 常用基本定律	16
二、电工常用法定计量单位	23
三、电气常用图形符号及电气技术常用文字符号	27
1. 电气及电气技术常用符号	27
2. 电气设备用图形符号	53
3. 国内外常用电气图形符号对照	53
第二章 常用电工材料	73
一、电线电缆	73
1. 绝缘电线	73
2. 电缆	81
二、电工绝缘材料	86
1. 绝缘材料的耐热等级	86
2. 绝缘纸	87
3. 浸渍绝缘纤维制品	88
4. 绝缘层压制品	89
5. 绝缘云母制品	91
6. 绝缘漆	92
三、电气安装材料	93
1. 电线管	93
2. 有缝钢管	93
3. 聚氯乙烯(PVC)硬管及半硬管	94
四、新型电工材料	95
1. 无机绝缘新材料	95

2. 光电材料	100
3. 发光材料	103
4. 压电材料	108
第三章 常用电工测量仪表	111
1. 电流表及电流的测量	111
2. 电压表及电压的测量	112
3. 功率表及功率的测量	113
4. 电能表	116
5. 万用表	120
6. 钳形电流表	127
7. 兆欧表	128
第四章 室内外线路及电缆线路的安装	131
一、室内线路的安装	131
1. 室内线路的安装要求和工序	131
2. 瓷夹板配线	133
3. 塑料护套配线	141
4. 绝缘子(又称瓷瓶)配线	144
5. 线管配线	147
6. 钢索配线	158
7. 室内线路的竣工验收	168
二、室外架空线路的安装	169
1. 电杆的安装	169
2. 拉线的制作和安装	182
3. 横担的安装	191
4. 绝缘子的安装	193
5. 导线的安装与固定	199
6. 架空电力线路的竣工验收	211
三、电缆线路的安装	212
1. 电缆的结构、型号及选择	212
2. 电缆的敷设	218
3. 电缆线路的故障及修理	238

第五章 变压器	247
一、电力变压器	249
1. 电力变压器的主要结构	249
2. 电力变压器的技术数据	249
3. 变压器绕组的联结组标号	249
4. 电力变压器的并联运行	259
5. 电力变压器的运输及验收检查	260
6. 电力变压器的安装、试验	263
二、控制变压器	288
1. 小型控制变压器的计算	289
2. 控制变压器的重绕	292
3. 常见故障及维修	300
第六章 异步电动机	302
一、三相异步电动机结构、型号、用途、定子绕组连接和 出线端标志	302
1. 三相异步电动机的结构	302
2. 三相异步电动机的类型	302
3. 三相异步电动机定子绕组的接线和出线端标志	302
二、三相异步电动机的主要技术数据	306
1. Y 系列三相异步电动机	306
2. YR 系列绕线转子三相异步电动机	311
3. YZ 和 YZR 系列三相异步电动机	316
4. YD 系列变极多速三相异步电动机	320
三、三相异步电动机的选用	334
1. 电动机电压的选择	334
2. 电动机转速的选择	334
3. 电动机结构型式的选择	334
4. 电动机种类的选择	334
5. 电动机容量的选择	334
四、三相异步电动机定子绕组的展开图	335
1. 单层绕组	335

2. 双层绕组	335
五、三相异步电动机的常见故障及修理	341
1. 三相异步电动机的维护	341
2. 三相异步电动机的拆装与注意事项	344
3. 三相异步电动机的常见故障及修理	346
六、三相异步电动机修复后的试验	352
1. 一般检查	352
2. 绝缘电阻的测定	352
3. 直流电阻的测定	353
4. 耐压试验	353
5. 空载试验	354
6. 首、尾判别	355
七、三相异步电动机改制的计算	357
1. 空壳重绕的简易计算	357
2. 改极计算	358
3. 改压计算	360
八、单相异步电动机	362
1. 单相异步电动机的结构和类型	362
2. 单相异步电动机的拆卸和装配	366
3. 单相异步电动机的常见故障及处理方法	367
第七章 直流电动机	382
一、直流电动机的结构及组成	382
1. 直流电动机的结构	382
2. 直流电动机的主要零部件	382
二、直流电动机的主要技术数据	383
三、直流电动机的励磁方式及出线端标志	411
1. 直流电动机的励磁方式	411
2. 直流电动机的接线方式	411
3. 直流电动机的出线端标志	412
四、直流电动机的运行	413
1. 直流电动机的起动	413

2. 直流电动机的调速	415
3. 直流电动机的制动	415
五、直流电动机的维修	416
1. 直流电动机的维修及火花等级鉴别	416
2. 直流电动机的常见故障处理	418
六、直流电动机的修复试验	426
1. 绕阻的极性 & 连接正确性检查试验	426
2. 绕阻绝缘电阻的测定	427
3. 绕阻直流电阻的测定	427
4. 电刷中性线位置的调整	428
5. 耐压试验	428
6. 空载试验	429
第八章 照明装置	430
一、照明装置的种类	430
1. 照明电光源	430
2. 剩余电流动作保护器(RCD)	447
3. 灯座	451
4. 插座	457
5. 开关	463
二、照明装置及 RCD 的安装	468
1. 照明装置及 RCD 的安装	468
2. 常用照明装置的安装接线图、原理图和常见故障检修	482
3. 照明装置的安装规程及竣工验收	491
第九章 低压电器	496
一、低压开关	496
1. 板用刀开关	496
2. 负荷开关	500
3. 组合开关	504
二、空气断路器	506
1. 技术数据	507
2. 电气图形和文字符号	514

3. 选择	514
4. 使用与维护	515
5. 空气断路器的常见故障分析	515
三、熔断器	517
1. 技术数据	517
2. 电气图形和文字符号	520
3. 选择	520
4. 使用与维护	521
5. 熔断器的常见故障分析	521
四、接触器	522
1. 技术数据	522
2. 电气图形和文字符号	522
3. 选择	522
4. 使用与维护	530
5. 接触器的常见故障分析	530
五、继电器	531
1. 中间继电器	531
2. 热继电器	534
3. 时间继电器	543
4. 过电流继电器	549
5. 速度继电器	552
六、主令电器	553
1. 按钮	553
2. 位置开关	559
3. 万能转换开关	563
第十章 常用机床电气控制线路	567
一、电力拖动基本控制线路	567
1. 三相笼形异步电动机的电气控制线路	568
2. 三相绕线式异步电动机的控制线路	596
二、常用机床电气控制线路的维修	600
1. 机床电气控制设备的维护及检修方法	602

2. 常用机床的检修	612
第十一章 电工安全操作技术	648
一、接地装置的安装	648
1. 接地装置的组成	648
2. 接地体的制作与安装	653
3. 接地线的安装	659
4. 接地装置的涂色和接地电阻的测量	669
5. 接地装置的质量检验和维修	671
二、避雷器的安装	674
1. 雷电的种类	674
2. 雷电的破坏作用	674
3. 雷电的防护及防雷措施	674
4. 常用防雷装置的种类和作用	676
5. 防雷装置的安装	677
三、安全用电	690
1. 触电事故的类型	690
2. 安全电流和安全电压	692
3. 触电的预防	693
4. 触电伤害者的临床表现和触电现场的处理	702
5. 触电的急救	707

第一章 电工基础知识

一、常用计算公式及基本定律

1. 常用计算公式

(1) 直流电路计算公式。

直流电路的计算公式见表 1-1。

表 1-1 直流电路的计算公式

名 称	公 式	说 明
电 流	$I = \frac{Q}{t}$	式中 I——导体中的电流(A) Q——流过导体横截面积的电荷量(C) t——电荷量流过导体的时间(s)
电 位	$V = \frac{W}{Q}$	式中 V——电场中某点的电位(V) W——电场力将单位正电荷从该点移动到参考点所做的功(J) Q——电荷量(C)
电压、电位差	$U = \frac{W}{Q} = V_1 - V_2$	式中 U——电场中两点间的电压或电位差(V) W——电场力将单位正电荷从某点移动到另一点所做的功(J) Q——电荷量(C) V_1、V_2——分别为电场中某两点的电位(V)

(续表)

名 称	公 式	说 明
电动势	$E = \frac{W}{Q}$	式中 E ——电源的电动势(V) W ——电场力将单位正电荷从电源负极移动到正极所做的功(J) Q ——电荷量(C)
电 阻	$R = \rho \frac{l}{A} = \frac{l}{rA}$ $r = \frac{1}{\rho}$	式中 R ——导体电阻(Ω) ρ ——导体的电阻率($\Omega \cdot \text{m}$) l ——导体的长度(m) A ——导体的截面积(m^2) r ——导体的电导率[$1/(\Omega \cdot \text{m})$]
电 导	$G = \frac{1}{R}$	式中 G ——电导(S) R ——电阻(Ω)
电阻与温度的关系	$R_2 = R_1[1 + \alpha_1(t_2 - t_1)]$	式中 R_1 ——温度为 t_1 时导体电阻(Ω) R_2 ——温度为 t_2 时导体电阻(Ω) α_1 ——导体电阻的温度系数 t_1 、 t_2 ——导体的温度($^{\circ}\text{C}$)
电 容	$C = \frac{Q}{U}$	式中 C ——电容器的电容量(F) Q ——电容器所带的电荷量(C) U ——电容器两端的电压(V)
线圈电感	$L = \frac{N\Phi}{i} = \frac{\psi}{i}$	式中 L ——线圈的电感量(H) N ——线圈匝数 Φ ——与线圈交链的磁通(Wb) ψ ——线圈的磁链(Wb) i ——线圈中的电流(A)

(续表)

名 称	公 式	说 明
有铁心的线圈电感	$L = \frac{1.25 N^2 A \mu}{l} \times 10^{-8}$ $\mu = \mu_0 \mu_r$	式中 L ——线圈的电感量(H) N ——线圈匝数 A ——线圈截面积(cm^2) μ ——磁导率(H/m) μ_0 ——真空或空气的磁导率, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (H/m) μ_r ——相对磁导率 l ——磁路长度(cm)
电 功	$W = UI t = P t$ $= I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$	式中 W ——电功(即电能)(J或kW·h) P ——电功率(简称功率)(W或kW) t ——时间(s或h)
电功率	$P = \frac{W}{t} = UI$ $= I^2 R = \frac{U^2}{R}$	
电流的热效应	$Q = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$	式中 Q ——热量(J), 1J 相当于0.24 cal 的热量 I ——电流(A) R ——电阻(Ω) t ——时间(s) U ——电压(V)
电阻串联	$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$	式中 R ——等效电阻(即总电阻)(Ω) $R_1, R_2, R_3, \cdots, R_n$ ——分电阻(Ω)
电阻并联	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$	
电阻混联	$R = (R_1 // R_2) + R_3$ $= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$	

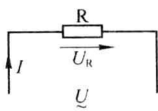
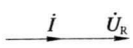
(续表)

名 称	公 式	说 明
电容串联	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$	式中 C ——等效电容量(即总电容量)(F) $C_1, C_2, \cdots, C_n$ ——分电容量(F)
电容并联	$C = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$	
电感串联	$L = L_1 + L_2 + \cdots + L_n$	式中 L ——等效电感量(即总电感量)(H) $L_1, L_2, \cdots, L_n$ ——分电感量(H)
电感并联	$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \cdots + \frac{1}{L_n}$	
电源串联	$E = E_1 + E_2 + \cdots + E_n$ $I = I_1 = I_2 = \cdots = I_n$	式中 E ——总电动势(V) I ——总电流(A) $E_1, E_2, \cdots, E_n$ ——分电动势(V) $I_1, I_2, \cdots, I_n$ ——分电流(A)
电源并联	$E = E_1 = E_2 = \cdots = E_n$ $I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$	
电池串联	$E = E_1 + E_2 + \cdots + E_n = nE_n$ $r = r_1 + r_2 + \cdots + r_n = nr_n$ $U = IR = E - Ir = nE_n - Inr_n$ 当 $R \gg r$ 时: $U \approx E, I \approx nE_n/R$ 当 $R \ll r$ 时: $U \approx 0, I \approx E_n/r_n$	式中 E ——等效电源电动势(V) $E_1, E_2, \cdots, E_n$ ——分电池的电动势(V) n ——串联或并联的电池数 r ——等效电源内阻(Ω) $r_1, r_2, \cdots, r_n$ ——分电池的内阻(Ω) U ——电源两端电压(V) I ——电路中电流(A) R ——外电路电阻(Ω) m ——电池串联数
电池并联	$E = E_1 = E_2 = \cdots = E_n$ $r_1 = r_2 = r_3 = \cdots = r_n$ $r = r_n/n$ $U = IR = E - Ir = E_n - Inr_n/n$ 当 $R \gg r$ 时: $U \approx E, I \approx E_n/R$ 当 $R \ll r$ 时: $U \approx 0, I \approx nE_n/r_n$	
电池混联	n 个电池串联后又与 m 条串联电池并联 $E = nE_n$ $r = nr_n/m$ $U = IR = nE_n - Inr_n/m$ $I = \frac{nE_n}{R + nr_n/m}$	

(2) 交流电路计算公式。

交流电路的计算公式见表 1-2。

表 1-2 交流电路的计算公式

名称及图	公 式	说 明
周期、频率、角频率	$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$ $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	式中 T ——周期(s) f ——频率(Hz) ω ——角频率(rad/s)
最大值	$I_m = \sqrt{2}I$ $U_m = \sqrt{2}U$ $E_m = \sqrt{2}E$	式中 I_m ——电流最大值(A) U_m ——电压最大值(V) E_m ——电动势最大值(V)
有效值	$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707I_m$ $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707U_m$ $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707E_m$	I ——电流有效值(A) U ——电压有效值(V) E ——电动势有效值(V)
平均值	$I_p = \frac{2}{\pi}I_m = 0.637I_m$ $U_p = \frac{2}{\pi}U_m = 0.637U_m$ $E_p = \frac{2}{\pi}E_m = 0.637E_m$	I_p ——电流平均值(A) U_p ——电压平均值(V) E_p ——电动势平均值(V)
纯电阻电路  相量图 	$U = U_R$ $I = \frac{U}{R} = \frac{U_R}{R}$ $P = IU_R$ $\cos \varphi = 1$ $Q = 0$ $I \text{ 与 } U_R \text{ 同相}$ $i = I_m \sin \omega t$ $u_R = U_{Rm} \sin \omega t$	式中 U ——电路两端电压(V) U_R ——电阻两端电压(V) P ——有功功率(W) $\cos \varphi$ ——功率因数 i ——电流的瞬时值(A) Q ——无功功率(var) R ——电阻值(Ω) u_R ——电压的瞬时值(V) U_R ——电压相量 I ——电流相量