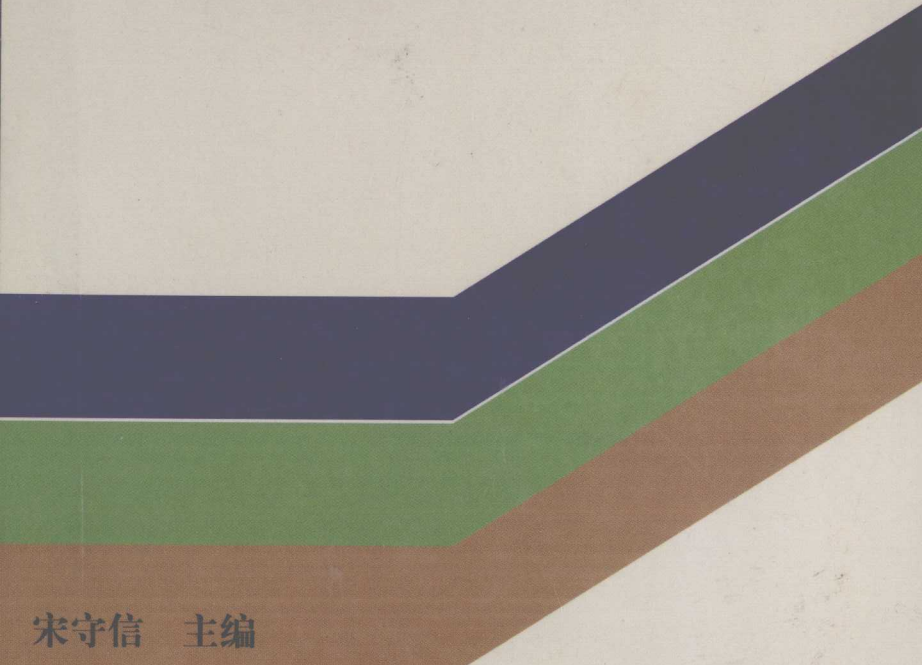




宋守信 主编

DIANGONG SHOUCHE
电工手册



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电工手册

宋守信 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本手册集合了工矿企业电工、电气技术人员在日常工作中经常遇到的技术问题,主要内容有:电工基本知识、常用电工材料、常用电工仪表、电工测量、低压电器、变压器、交流异步电动机、高压电器、仪用互感器、无功补偿、配电系统及配电线路、照明、用电申请及用电检查、电焊接设备、家用电器、电话与通信设备、安全用电等。

本书是工矿企业、乡镇企业及机关企事业单位的电工及电气技术人员的必备工具书,亦可作为广大市民的家用必备图书。

图书在版编目(CIP)数据

电工手册/宋守信主编. —北京:中国电力出版社, 2001
ISBN 7-5083-0600-7

I. 电… II. 宋… III. 电工—技术手册 IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 021847 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2002 年 4 月第一版 2002 年 4 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 32 开本 27.875 印张 878 千字
印数 0001—3000 册 定价 55.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

为适应当前经济和科学技术的发展，我们根据工矿企业电工、电气技术人员和有关管理人员的需要编写了本手册。本手册针对工矿企业电工、电气技术人员和有关管理人员在日常工作中经常遇到的技术问题，介绍了电工、电器类的技术知识和基本原理，提供了解决这些问题的方法与必要的技术数据，淘汰了性能落后的设备与产品。注重介绍近年采用的更新换代产品，突出实用性。

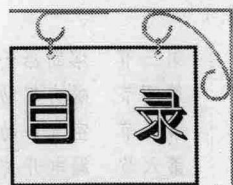
本手册由宋守信教授任主编，宗士杰教授任副主编。本手册第一章、第十七章由宋守信教授编写；第二章至第四章由高琦讲师编写；第五章、第十六章由宗士杰教授编写；第六章至第八章由武惠芳讲师编写；第九章、第十章、第十九章由王宏民讲师、工程师编写；第十一章～第十五章由钮文洁高级实验师编写；第十八章由王琴副教授编写。

本手册由王霁宗先生审阅，并提出许多宝贵意见，在此表示满意感谢。

由于编者水平有限，书中存在不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2000年10月



前言

第一章

电工基本知识

- 第一节 电工学基本定律..... (1)
- 第二节 电工常用计算公式..... (4)
- 第三节 电工常用量和单位..... (6)
- 第四节 常用电气设备文字符号和图形符号 (10)

第二章

常用电工材料

- 第一节 导电材料 (45)
- 第二节 电阻材料 (70)
- 第三节 绝缘材料 (82)
- 第四节 磁性材料 (96)

第三章

常用电工仪表

- 第一节 常用电工仪表的分类及符号..... (100)
- 第二节 常用电工仪表简介..... (109)

第四章

电工测量

- 第一节 电阻的测量..... (130)
- 第二节 功率的测量..... (138)
- 第三节 电能的测量..... (141)

第五章

低压电器

- 第一节 低压电器的分类..... (151)
- 第二节 刀开关和转换开关..... (155)

第三节	熔断器	(195)
第四节	磁力起动器	(215)
第五节	空气自动开关	(235)
第六节	漏电开关	(283)
第七节	低压电器常见故障的修理	(302)

第六章

变压器

第一节	变压器的基本原理	(306)
第二节	中小型电力变压器的技术数据	(315)
第三节	电力变压器的运行管理	(345)
第四节	电力变压器的故障分析	(354)
第五节	特殊变压器	(360)

第七章

交流异步电动机

第一节	三相异步电动机的基本知识	(367)
第二节	交流异步电动机的技术数据	(378)
第三节	三相异步电动机的启动和调速	(424)
第四节	三相异步电动机的制动	(433)
第五节	三相异步电动机的控制与保护电路	(435)
第六节	单相异步电动机	(450)

第八章

交流异步电动机的选择、安装、 故障判断及其处理

第一节	异步电动机的选择	(456)
第二节	异步电动机的安装	(465)
第三节	异步电动机的故障判断及其处理	(468)

第九章

高压电器

第一节	隔离开关	(488)
第二节	高压熔断器	(497)

第三节	高压负荷开关	(502)
第四节	高压断路器	(506)
第五节	组合电器	(540)

第十章

仪用互感器

第一节	仪用互感器的工作原理、用途和种类	(543)
第二节	仪用电流互感器的类型、特性和使用	(544)
第三节	仪用电压互感器的类型、特性和使用	(559)

第十一章

无功功率补偿

第一节	提高功率因数的方法及无功补偿措施	(565)
第二节	并联电容器的分类	(571)
第三节	并联电容器的结构与主要技术参数	(573)
第四节	无功功率自动补偿装置	(579)
第五节	并联电容器的安装与维护	(583)

第十二章

配电系统

第一节	负荷分类	(589)
第二节	供电电压	(596)
第三节	负荷计算	(597)
第四节	配电系统典型接线	(608)

第十三章

配电线路

第一节	概述	(617)
第二节	架空线路	(619)
第三节	电缆线路	(665)

第十四章

照明

第一节	照明光源	(711)
第二节	照明光源的选择和布置	(724)

第十五章

用电申请和用电检查

- 第一节 用电申请的一般程序及要求..... (737)
- 第二节 电能计量装置..... (746)
- 第三节 供用电合同与协议..... (750)
- 第四节 用电检查..... (754)

第十六章

电焊接设备

- 第一节 电焊机的类型和规格..... (763)
- 第二节 电焊机的电源..... (775)
- 第三节 电焊机的供电..... (782)

第十七章

家用电器

- 第一节 家用电器的通用使用方法与检修方法..... (786)
- 第二节 电风扇..... (791)
- 第三节 电饭锅..... (795)
- 第四节 电烤箱..... (798)
- 第五节 空调器..... (800)
- 第六节 电冰箱..... (804)
- 第七节 洗衣机..... (808)

第十八章

电话与通信设备

- 第一节 自动电话机..... (812)
- 第二节 程控电话交换机..... (825)
- 第三节 BP 机..... (832)
- 第四节 移动电话 (手机)..... (836)

第十九章

安全用电

- 第一节 接地与接零..... (840)
- 第二节 漏电保安器..... (849)
- 第三节 触电与触电急救..... (855)
- 第四节 防雷保护..... (866)

第一章

电工基本知识

第一节 电工学基本定律

一、欧姆定律

1. 部分电路的欧姆定律

通过一段电路的电流大小，与电路两端的电压成正比，与电路的电阻成反比，电路如图 1-1 所示，公式为

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

式中 I ——电流 (A);

U ——电压 (V);

R ——电阻 (Ω)。

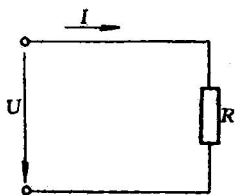


图 1-1 部分电路的欧姆定律示意图

2. 全电路的欧姆定律

通过闭合回路的电流大小，与回路的电动势成正比，与回路的总电阻成反比，电路如图 1-2 所示，公式为

$$I = \frac{E}{R_0 + R + R_1}$$

式中 I ——电流 (A);

E ——电动势 (V);

R_0 ——电源电阻 (Ω);

R ——负载电阻 (Ω);

R_1 ——回路导线电阻 (Ω)。

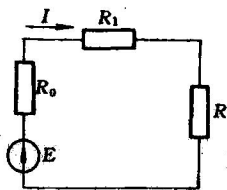


图 1-2 全电路的欧姆定律示意图

二、焦耳—楞次定律

电流通过导体时，电流做功产生的热量

大小，与电流的平方、导体的电阻以及通电的时间成正比，公式为

$$Q = 0.24 I^2 R t$$

式中 Q ——热量 (J);

I ——电流 (A);

R ——电阻 (Ω);

t ——时间 (s)。

三、基尔霍夫(克希荷夫)定律

对于任一节点，流入电流的代数和为零。对于任一闭合回路，沿回路各段电压的代数和为零，如图 1-3 所示，电流公式为

$$\Sigma I = I_1 - I_2 + I_3 + I_4 = 0$$

式中 I ——电流 (A)。

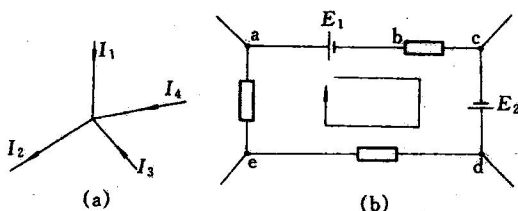


图 1-3 基尔霍夫定律示意图

(a) 电路中的一个节点; (b) 电路中的一个闭合回路

电压公式为

$$\begin{aligned} \Sigma U &= U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} + U_{de} + U_{ea} \\ &= E_1 + U_{bc} - E_2 + U_{de} + U_{ea} \\ &= 0 \end{aligned}$$

式中 U ——电压 (V)

四、右手螺旋定则

电流通过导体时，导体周围产生磁场。磁场方向由右手螺旋定则确定：对于长直导体，用右手握住导线，使拇指伸直指向电流的方向，则弯曲的四指所指的就是磁场的方向，如图 1-4 (a) 所示；对于螺线管，用右手握住螺线管，使拇指伸直，四指指向电流的方向，拇指所指的，

就是螺线管磁力线的方向如图 1-4 (b) 所示。

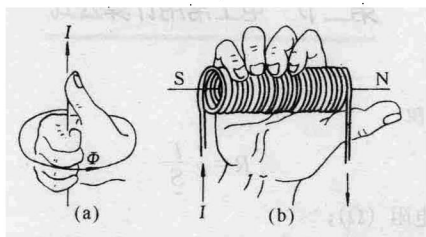


图 1-4 右手螺旋定则示意图

五、右手定则

当导体作切割磁力线的运动时，导体内就产生感应电动势。感生电动势的方向由右手定则确定：伸开右手，让磁力线从掌心通过，使拇指与其他四指垂直，并指向导体运动的方向，则四指就指向感生电动势的方向，如图 1-5 所示。

六、左手定则

通电导体在磁场中受到电磁力的作用，所受电磁力的方向由左手定则确定：伸开左手，让磁力线从掌心穿过，使拇指与其他四指垂直，四指指向电流的方向，则拇指就指向电磁力的方向；如图 1-6 所示。

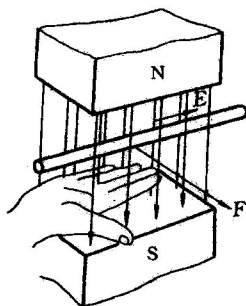


图 1-5 右手定则示意图

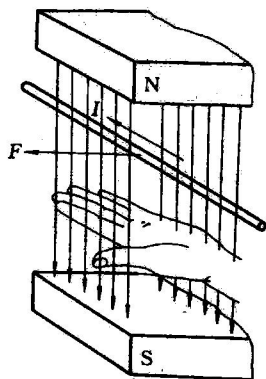


图 1-6 左手定则示意图

第二节 电工常用计算公式

1. 导体电阻

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

式中 R ——电阻 (Ω);
 L ——导线长度 (m);
 S ——导线截面积 (mm^2);
 ρ ——电阻率 ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$).

2. 感抗

$$X_L = 2\pi fL$$

式中 X_L ——感抗 (Ω);
 f ——频率 (Hz);
 L ——电感 (H);

3. 容抗

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

式中 X_c ——容抗 (Ω);
 f ——频率 (Hz);
 C ——电容 (F).

4. 串联电阻

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

5. 并联电阻

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)}$$

6. 串联电容

$$C = \frac{1}{\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right)}$$

7. 并联电容

第一章 电工基本知识

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

8. 电阻、电容串联的总阻抗

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

式中 Z ——阻抗 (Ω)。

9. 电阻、电感串联的总阻抗

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

10. 电阻、电容、电感串联的总阻抗

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2}$$

11. 电阻、电感并联的阻抗

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2}$$

12. 电阻、电容并联的阻抗

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2}$$

13. 串联电源

$$E = E_1 + E_2 + E_3$$

式中 E ——电源电压 (V);

E_1, E_2, E_3 ——分电源电压 (V)。

14. 直流电路功率

$$P = I^2 R = UI = \frac{U^2}{R}$$

式中 P ——功率 (W)。

15. 交流电路功率

$$P = UI \cos \varphi$$

$$Q = UI \sin \varphi$$

$$S = UI$$

式中 P ——有功功率 (W);

Q ——无功功率 (var);

S ——视在功率 (V·A)。

第三节 电工常用量和单位

本节表 1-1~表 1-7 所列的量和单位符号, 选自 GB3102—93 《量和单位》中电工常用的部分。

表 1-1 空间和时间的量和单位符号

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
[平面] 角	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$	弧度	rad
		度	(°)
		[角] 分	(')
		[角] 秒	(")
长度	l, L	米	m
宽度	b		
高度	h		
厚度	d, δ		
半径	r, R		
直径	d, D		
程长	s		
距离	d, r		
面积	$A, (S)$	平方米, 公顷	m^2, hm^2
体积	V	立方米	m^3
		升	L, (l)
		秒	s
时间, 时间间隔, 持续时间	t	分	min
		[小] 时	h
		日, (天)	d
		弧度每秒	rad/s
角速度	ω	米每秒	m/s
速度	v, c, u, w	米每二次方秒	m/s^2
加速度	a	秒	s
周期	T		

第一章 电工基本知识

表 1-2 周期及其有关现象的量和单位的符号

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
频率	f, ν	赫 [兹]	Hz
旋转频率 (又称“转速”)	n	每秒 负一次方秒 转每分	s^{-1} r/min
角频率 (又称“圆频率”)	ω	弧度每秒 每秒负一次方秒	rad/s s^{-1}

表 1-3 力学的量和单位的符号

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
质量	m	千克 (公斤)	kg
		吨	t
体积质量, [质量] 密度	ρ	千克每立方米	kg/m ³
		吨每立方米	t/m ³
		千克每升	kg/L
质量体积, 比体积	v	立方米每千克	m ³ /kg
力	F	牛 [顿]	N
重量	$W, (P, G)$		
力矩	M	牛 [顿] 米	N·m
力偶矩	M		
转矩	M, T		
压力, 压强	p	帕 [斯卡]	Pa
正应力	σ		
切应力	τ		
[动力] 粘度	$\eta, (\mu)$	帕 [斯卡] 秒	Pa·s
运动粘度	γ	二次方米每秒	m ² /s
能 [量]	E	焦 [耳]	J
功	$W, (A)$		
势能, 位能	$E_p, (V)$		
动能	$E_k, (T)$		
功率	P	瓦 [特]	W
质量流量	q_m	千克每秒	kg/s
体积流量	q_v	立方米每秒	m ³ /s

表 1-4

热学的量和单位的符号

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
热力学温度	$T, (\theta)$	开[尔文]	K
摄氏温度	t, θ	摄氏度	℃
热, 热量	Q	焦[耳]	J
热流量	Φ	瓦[特]	W
面积热流量, 热流[量]密度	q, φ	瓦[特]每平方米	W/m ²
热导率 (导热系数)	$\lambda, (\kappa)$	瓦[特]每米开[尔文]	W/(m·K)
传热系数	$K, (k)$	瓦[特]每平方米开[尔文]	W/(m ² ·K)
表面传热系数	$h, (a)$		
热阻	R	开[尔文]每瓦[特]	K/W
热扩散率	a	平方米每秒	m ² /s
热容	C	焦[耳]每开[尔文]	J/K
质量热容, 比热容	c	焦[耳]每千克开[尔文]	J/(kg·K)
质量定压热容, 比定压热容	c_p	焦[耳]每千克开[尔文]	J/(kg·K)
质量定容热容, 比定容热容	c_v	焦[耳]每千克开[尔文]	J/(kg·K)
质量热容比, 比热[容]比	γ	—	1
等嫡指数	κ	—	1
嫡	S	焦[耳]每开[尔文]	J/K
质量嫡, 比嫡	s	焦[耳]每千克开[尔文]	J/(kg·K)
热力学能 (也称为内能)	U	焦[耳]	J
焓	H	焦[耳]	J
质量热力学能, 比热力学能	u	焦[耳]每千克	J/kg
质量焓, 比焓	h	焦[耳]每千克	J/kg

表 1-5

电学和磁学的量和单位的符号

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
电流 ^①	I	安[培]	A
电荷[量]	Q	库[仑]	C
电场强度	E	伏[特]每米	V/m
电位, (电势)	V, φ	伏[特]	V
电位差, (电势差), 电压 ^②	$U, (V)$	伏[特]	V
电动势 ^③	E	伏[特]	V
电容	C	法[拉]	F

续表

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
介电常数 ^① , (电容率)	ϵ	法[拉]/每米	F/m
磁场强度	H	安[培]/每米	A/m
磁通势, 磁动势	F, F_m	安[培]	A
磁通[量]密度, 磁感应强度	B	特[斯拉]	T
磁能[量]	Φ	韦[伯]	Wb
[有功]功率	P	瓦[特]	W
视在功率	S, P_s	伏安	V·A
无功功率 ^⑤	Q, P_Q	伏安	V·A
功率因数	λ	—	1
[有功] 电能[量]	W	焦[耳], 瓦[特]·[小]时	J W·h
自感	L	亨[利]	H
互感	M, L_{12}	亨[利]	H
磁导率	μ	亨[利]/每米	H/m
[直流]电阻	R	欧[姆]	Ω
电阻率	ρ	欧[姆]·米	Ωm
[直流]电导	G	西[门子]	S
电导率 ^⑥	γ, σ	西[门子]/每米	S/m
磁阻	R_m	每亨[利] 负一次方亨[利]	H^{-1}
磁导	$\Delta, (P)$	亨[利]	H
频率	f, ν	赫[兹]	Hz
角频率	ω	弧度每秒	rad/s
阻抗 (复[数]阻抗)	Z	欧[姆]	Ω
[交流]电阻	R	欧[姆]	Ω
电抗	X	欧[姆]	Ω
导纳 (复[数]导纳)	Y	西[门子]	S
[交流]电导	G	西[门子]	S
电纳	B	西[门子]	S
品质因数	Q	—	1
损耗角	δ	弧度	rad

- ① 在交流电技术中, I 表示有效值(均方根值), i 表示瞬时值。
 ② 在交流电技术中, U 表示有效值(均方根值), u 表示瞬时值。
 ③ 在交流电技术中, E 表示有效值(均方根值), e 表示瞬时值。
 ④ 介电常数, IEC 又称“绝对介电常数”, IEC 和 ISO 还称“电常数”。
 ⑤ 目前电力工程界仍习惯采用 var。
 ⑥ 在电化学中用 K 表示。