

沙振舜 主编

新农村电工手册


南京大学出版社



沙振舜 主编

新农村电工手册



 南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新农村电工手册 / 沙振舜主编. —南京: 南京大学出版社, 2009. 10

ISBN 978 - 7 - 305 - 06505 - 7

I. 新… II. 沙… III. 农村—电工—手册 IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 175614 号

出版者 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093
网 址 <http://www.NjupCo.com>
出版人 左 健

书 名 新农村电工手册
主 编 沙振舜
责任编辑 孟庆生 编辑热线 025 - 83593947

照 排 南京玄武湖印刷照排中心
印 刷 南京新洲印刷有限公司
开 本 880×1 230 1/32 印张 17 字数 662 千
版 次 2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷
ISBN 978 - 7 - 305 - 06505 - 7
定 价 29.80 元

发行热线 025-83594756
电子邮箱 Press@NjupCo.com
Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购图书销售部门联系调换

前 言

近年来我国农村经济迅速发展,全面建设小康社会的步伐日益加快,随着农村电气化事业的不断推进,农村用电设备迅速增加,乡镇企业大量涌现,农村电工和乡镇企业电工的队伍也日益壮大。广大农村电工和乡镇企业电工迫切希望普及电工知识,提高自身的业务能力,他们需要一本简明的电工手册放在手边学习、备查。为满足农村社会的需求,为“三农”服务,为建设新农村服务,我们编写了这本《新农村电工手册》。

本书在编写过程中,我们本着从农村和乡镇企业的实际出发的原则,在内容上力求简明实用、通俗易懂,重点介绍农村和乡镇企业常用电气设备的基本结构、工作原理、型号规格、安装和使用维修、常见故障及其处理方法等基本知识和技术数据。在表达方式上,尽可能采用图、表的形式,使之一目了然,图文并茂,便于理解和查阅。同时,还注意到内容的先进性,反映现代电工技术,积极采用我国制定的最新相关标准,手册中介绍的电工产品主要是经过国家有关部门鉴定的、贯彻新标准的新产品,但考虑到维修工作的需要,手册中适当介绍了目前仍在使用的部分老型号产品。

本书贯彻少而精的原则,介绍了电工入门必备的专业基础知识和专业应用技能,在写法上采取讲清道理、指导实践的方针,注意知识性与资料性兼顾,同时又突出重点,对于农村电工常用的电气设备和基本操作技能,作了较为详细的阐述。

本书主要面向具有初中以上文化程度的农村电工和乡镇企业电工,也可作为培训和考核农村电工的参考书。

沙振舜担任本书主编,对本书作出贡献的还有:蒋维黎、李景彤、孔庆云、沙明、沙星、朱毅莹等。

在本书编写过程中参考过有关电工的书籍或资料,大部分已列在书后的参考文献中,在此向有关单位或作者表示诚挚的感谢。同时对给予我们支持和帮助的南京大学出版社的领导和编辑表示深深的谢意。

由于电工技术发展迅速,涉及面广,我们坐井观天,水平有限,本书中难免有错误、不妥之处,真诚希望专家和读者批评指正。

编 者
2009. 5. 8

目 录

第一章 电工基础知识	1
第一节 电工学基本定律与定则	1
第二节 电工常用计算公式	4
第二章 电工识图	9
第一节 电工常用文字符号	9
第二节 电工常用图形符号	14
第三节 项目代号与回路标号	19
第四节 识图的基本方法和一般步骤	23
第三章 小型水电站	27
第一节 水力发电基本知识	27
第二节 水轮机及调速器	29
第三节 小型水轮发电机	37
第四节 异步发电机	45
第五节 小型水电站的运行和维护	47
第四章 柴油发电机组	53
第一节 柴油发电机组的组成和选择	53
第二节 柴油机	55
第三节 与柴油机配套的发电机	58
第五章 太阳能发电	66
第一节 太阳能光伏发电	66
第二节 太阳能热发电	77
第六章 风力发电	81
第一节 风力机的结构与工作原理	81

第二节	风力发电机安装场地与技术数据	84
第三节	小型风力发电机的安装	88
第四节	小型风力发电机的使用与维护	91
第七章	农村电力网	101
第一节	电力系统的组成	101
第二节	农村变电所	107
第三节	高压电气设备	115
第四节	高压成套配电装置	131
第八章	配电变压器	138
第一节	变压器的基本知识	138
第二节	变压器的结构与连接组的标号	141
第三节	常用电力变压器技术数据	148
第四节	配电变压器的选用与安装	153
第五节	配电变压器的运行与维护	163
第六节	变压器的故障及其检修方法	165
第七节	互感器及其选用	168
第八节	箱式变电站	175
第九章	低压配电线路	180
第一节	低压架空线路的构成	180
第二节	配电线路的简单设计	188
第三节	架空电力线路的施工安装	198
第四节	接户线和进户线	208
第五节	架空线路的运行与维护	211
第六节	地埋线	215
第七节	电缆线路	219
第十章	异步电动机	227
第一节	三相异步电动机的结构	227
第二节	三相异步电动机的铭牌	230
第三节	异步电动机的工作原理与特性	233
第四节	电动机的选择	234

第五节	三相异步电动机的技术数据	237
第六节	三相异步电动机的安装	252
第七节	异步电动机的启动	256
第八节	电动机的运行与维护	260
第九节	单相异步电动机	264
第十节	三相异步电动机的修理	270
第十一章	农村小型电力排灌设备	277
第一节	农用水泵	277
第二节	小型电力排灌设备的选择	288
第三节	水泵的运行、监视与维护	290
第四节	农用水泵的技术数据	294
第十二章	常用低压电器	299
第一节	低压电器型号及分类	299
第二节	常用低压电器的结构与性能	303
第三节	低压成套配电装置	342
第十三章	农村电气照明	352
第一节	电光源	352
第二节	灯具	369
第三节	照明线路的安装与维修	375
第四节	照明线路的敷设	386
第十四章	常用电工仪表仪器	396
第一节	电工仪表基本知识	396
第二节	常用电工仪表的型号及规格	403
第三节	常用电工仪器	430
第四节	常用电工测量	437
第十五章	电工材料	444
第一节	电线与电缆	444
第二节	绝缘材料	469

第十六章 安全用电与节约用电	473
第一节 安全用电基本知识	473
第二节 电气安全用具	477
第三节 触电及其预防	482
第四节 触电的急救	486
第五节 漏电保护装置	490
第六节 接地与接零	496
第七节 防火和防爆	500
第八节 静电防护	502
第九节 防雷保护	504
第十节 节约用电	513
参考文献	534

第一章 电工基本知识

第一节 电工学基本定律与定则

随着农村经济的快速发展,对农村安全、经济、可靠供电的要求越来越高,尽快提高农村电工的业务水平,显得尤为重要。为更好地服务于新农村的建设,农村电工不仅应具备熟练的操作技能,而且也要牢固掌握一定的电工基础知识。现将电工学中的基本定律、定则和重要的计算公式,作简要的归纳。

一、欧姆定律

1. 一段电路欧姆定律

通过一段电路的电流,与电路两端的电压成正比,而与这段电路的电阻(或阻抗)成反比。

对于直流电路,计算公式为

$$I = \frac{U}{R}, \text{或 } I = UG$$

式中: I 为电流(A), U 为电压(V), R 为电阻(Ω), G 为电导(S)。

这里有个欧姆定律助记三角形,如图 1-1 所示。

要求那个量,就把它遮住,余下的则是计算它的公式。例如,要求 I ,用手指把 I 遮住,则 $I = \frac{U}{R}$ 。同样,遮住 U ,则 $U = IR$ 。

对于交流电路,计算公式为

$$I = \frac{U}{Z}, \text{或 } I = UY$$

式中: I 和 U 均为复数, Z 为复阻抗(Ω), Y 为复导纳(S)。

2. 全电路欧姆定律

闭合电路中的电流与电源的电动势成正比,与整个闭合电路的总电阻(或总阻抗)成反比。

对于直流电路,计算公式为

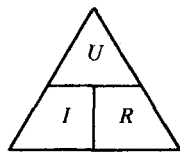


图 1-1 欧姆定律三角形

$$I = \frac{E}{R+r}$$

式中： I 为电流(A)， E 为电动势(V)， R 为外电路电阻(Ω)， r 为电源内阻(Ω)。

对于交流电路，计算公式为

$$I = \frac{E}{Z_{\Sigma}}$$

式中： I 为电流(A)； E 为电动势(V)； Z_{Σ} 为总阻抗(Ω)； I, E, Z_{Σ} 均为复数。

二、基尔霍夫第一定律(基尔霍夫电流定律)

对电路中任一节点来说，流进这个节点的电流必定等于从这个节点流出的电流，用公式表示为

$$\Sigma I_{\text{入}} = \Sigma I_{\text{出}}, \text{或 } \Sigma I = 0$$

用口诀表示，即“节点电流进出平”。

三、基尔霍夫第二定律(基尔霍夫电压定律)

对电路中任一闭合回路来说，所有电位的升高必定等于所有电位的降低。用公式表示为

$$\Sigma U_{\text{升}} = \Sigma U_{\text{降}}, \text{或 } \Sigma E = \Sigma IR$$

式中： U 表示电位， E 表示电动势， I 表示电流， R 表示电阻。

用口诀表示，即“回路电位升降零”。

四、焦耳-楞次定律

电流在一段导体中产生的热量 Q ，与电流 I 的平方、该段导体的电阻 R 及通电时间 t 三者的乘积成正比，即

$$Q = I^2 R t$$

此定律亦称“焦耳定律”。

五、楞次定律

闭合回路或线圈中感生电流的方向，总是要使感生电流所产生的磁场阻碍引起感生电流的磁通量的变化。

六、法拉第电磁感应定律

闭合回路或线圈中感应电动势 e 的大小，与穿过闭合回路或线圈的磁通量随时间的变化率 $d\Phi/dt$ 成正比。如果线圈的匝数为 N (闭合回路的 $N=1$)，则线圈的感应电动势为

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

式中负号反映感应电动势的方向总是阻碍磁通量变化的。当线圈中的磁通量随时间按正弦变化时,感应电动势 e 的有效值可按下式计算:

$$E = 4.44fN\Phi_M, \text{ 或 } E = 4.44fNB_M S$$

式中: E 为感应电动势的有效值; f 为磁通量的交变频率; N 为线圈匝数; Φ_M 为磁通量最大值; B_M 为磁通量密度最大值; S 为磁路的有效截面积。

七、左手定则

载流导体在磁场中受力(电磁力)的方向,与磁场方向和电流方向之间符合下列关系:伸开左手手掌使拇指与其他四指垂直,使掌心迎着磁感线方向,四指指向导体电流方向,则拇指所指即导体受力(电磁力)的方向,如图 1-2 所示。

此定则亦称“电动(机)定则”。

设长度为 l 的载流直导体放在均匀磁场 B 中,如果电流 I 与磁感应强度 B 的方向之间成 α 角,则导体 l 所受的电磁力 F 的大小为

$$F = BlI \sin \alpha$$

如果电流 I 与 B 垂直,即 $\alpha=90^\circ$,则

$$F = BlI$$

电磁力 F 的方向按左手定则确定。

七、右手定则

当导体与磁场作相对运动,即导体切割磁感线时,导体内会产生感应电动势。感应电动势的方向由右手定则决定,即伸开右手,使拇指和其余四指垂直,让磁感线垂直穿过手心,拇指指向导体运动的方向,即导体切割磁感线的方向,则四指所指的方向就是感应电动势的方向,如图 1-3 所示。

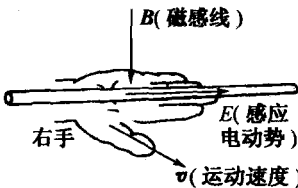


图 1-3 右手定则

此定则又称“发电(机)定则”。

设长度为 l 的直导体在均匀磁场 B 中以速度 v 做切割磁感线运动,直导体与 B 垂直,而其运动方向与 B 的方向之间成 α 角,则导体 l 中感应的电动势 E 的大小为

$$E = Blv \sin \alpha$$

如果导体运动的 v 方向与 B 垂直,即 $\alpha=90^\circ$,则

$$E = Blv$$

这感应电动势 E 的方向按右手定则确定。

八、右手螺旋定则

当电流通过导体时,导体的周围会产生磁场。磁场的方向由右手螺旋定则确定:

对于直线,可用右手握住导线,使拇指指向电流方向,则其余四指所指的方向就是磁感线(磁场)的方向,如图 1-4 所示。

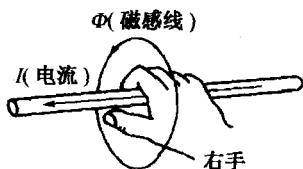


图 1-4 右手螺旋定则(对直导线)

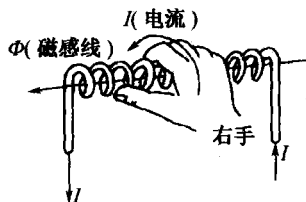


图 1-5 右手螺旋定则(对螺旋线圈)

对于螺旋线圈,可用右手握住导线,使四指指向电流方向,则拇指所指的方向就是磁感线的方向,如图 1-5 所示。

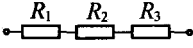
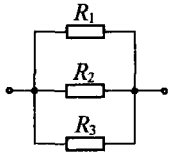
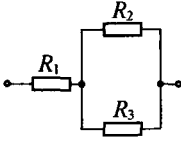
第二节 电工常用计算公式

一、直流电路计算公式(见表 1-1)

表 1-1 直流电路计算公式

项 目	计算公式	式中各量意义
导体的电阻	$R = \rho \frac{L}{S}$	R—导体的电阻(Ω); L—导体的长度(m); S—导体的截面积(m^2); ρ —导体的电阻率($\Omega \cdot m$)
电阻与温度的关系	$R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]$	t, t_0 —分别为导体的温度($^{\circ}C$); R_0 —温度为 t_0 时导体的电阻(Ω); R—温度为 t 时导体的电阻(Ω); α —导体电阻的温度系数
电路的功率	$P = UI = I^2R = \frac{U^2}{R}$	P—电路的功率(W); U—负载两端的电压(V); I—通过负载的电流(A); R—电路中的电阻(Ω)
电路的电能	$A = Pt$	A—电路消耗的电能(kW·h); P—电路的功率(kW); t—用电时间(h)

(续表)

项目	计算公式	式中各量意义
电流的热效应	$Q = I^2 R t$	<p>Q—电流在导体上产生的热量(J);</p> <p>I—通过导体的电流(A);</p> <p>R—导体的电阻(Ω);</p> <p>t—通过电流的时间(s)</p>
电阻串联的总值	 $R = R_1 + R_2 + R_3$	
电阻并联的总值	 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$	<p>R—总电阻(Ω);</p> <p>R_1, R_2, R_3—分电阻(Ω)</p>
电阻混联的总值	 $R = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$	<p>R—总电阻(Ω);</p> <p>R_1, R_2, R_3—分电阻(Ω)</p>

以上公式中电流、电压、电阻和功率的关系,可利用如图 1-6 所示的关系图助记。图中扇形里的式子即为中心小圆内物理量的表达式。

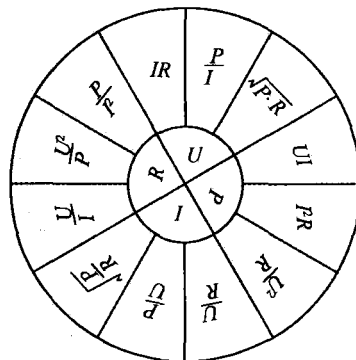
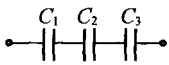
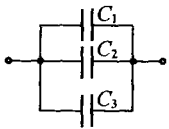


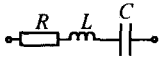
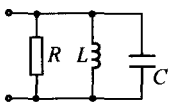
图 1-6 电流电压电阻电功率关系图

二、单相交流电路计算公式(见表 1-2)

表 1-2 单相交流电路计算公式

项 目	计算公式	式中各量意义
频 率	$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$	f—频率(Hz); T—周期(s); ω —角频率(rad/s)
周 期	$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$	
角频率	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$	
有效值与最大值的 关系	$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$ $I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$	U—电压有效值(V); I—电流有效值(A); U_{\max} —电压的最大值(幅值)(V); I_{\max} —电流的最大值(幅值)(A)
电容器串联的 总值	 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$	C—总电容(F); C_1, C_2, C_3 —电容(F)
电容器并联的 总值	 $C = C_1 + C_2 + C_3$	
感 抗	$X_L = 2\pi fL$	X_L —感抗(Ω); f—频率(Hz); L—电感(H)
容 抗	$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$	X_C —容抗(Ω); f—频率(Hz); C—电容(F)
交流电路中电 压、电流、阻抗 之间的关系	$I = \frac{U}{Z}$ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	I—电路中电流的有效值(A); U—阻抗两端的电压有效值(V); Z—电路中的阻抗(Ω); R—电阻(Ω); X—电抗(Ω)

(续表)

项 目	计算公式	式中各量意义
电阻、电感、电容串联的阻抗值	 $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	Z—阻抗(Ω); R—电阻(Ω); X_L —感抗(Ω); X_C —容抗(Ω)
电阻、电感、电容并联的阻抗	 $\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}$	Z—阻抗(Ω); R—电阻(Ω); X_L —感抗(Ω); X_C —容抗(Ω)
单相交流电路的功率	$P = UI \cos \varphi$ $Q = UI \sin \varphi$ $S = UI$	P—有功功率(W); Q—无功功率(var); S—视在功率(VA); $\cos \varphi$ —功率因数
功率因数	$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{R}{Z}$	$\cos \varphi$ —功率因数; φ —相电流与相电压的夹角; P—有功功率(W); Q—无功功率(var); R—电阻(Ω); Z—总阻抗(Ω)

三、三相交流电路计算公式(见表 1-3)

表 1-3 三相交流电路计算公式

项 目	计算公式	式中各量意义
三相交流电路中 线电压与相电压以及 线电流与相电流的关系	负载三角形接法(Δ) $U_L = U_\phi$ $I_L = \sqrt{3} I_\phi$ (负载对称) 负载星形接法(γ) $U_L = \sqrt{3} U_\phi$ $I_L = I_\phi$	U_L —线电压; U_ϕ —相电压; I_L —线电流; I_ϕ —相电流

项 目	计算公式	式中各量意义
对称三相电路的功率	$P = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi$ $Q = \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi$ $S = \sqrt{3}U_L I_L$ $\cos \varphi = \frac{P}{S}$	U_L —线电压(V); I_L —线电流(A); P —有功功率(W); Q —无功功率(var); S —视在功率(VA); φ —相电压与相电流之间的夹角

三、电气设备计算公式(见表 1-4)

表 1-4 电气设备计算公式

项 目	计算公式	式中各量意义
变压器电压与磁通关系	$U_1 \approx E_1 = 4.44fN_1\Phi_m$ $U_2 \approx E_2 = 4.44fN_2\Phi_m$	U_1, U_2 —变压器一、二次侧电压(kV); E_1, E_2 —变压器一、二次侧感应电势(kV);
变压器电压比	$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_1}{I_2}$	N_1, N_2 —变压器一、二次侧绕组匝数; Φ_m —铁芯磁通的最大值;
容量	单相 $S = U_1 I_1 = U_2 I_2$ 三相 $S = \sqrt{3}U_1 I_1 = \sqrt{3}U_2 I_2$	I_1, I_2 —一、二次侧电流; f —交流电源频率(Hz); S —容量(kVA)
电磁铁吸引力	$F = 39.2B^2 S \times 10^4$	F —吸引力(N); B —磁感应强度(T); S —磁路的截面积(m ²)
电动机额定转矩	$M = 9561 \frac{P}{n}$	M —电动机额定转矩(N·m); P —电动机额定容量(kW); n —电动机额定转速(r/min)
交流电动机同步转速	$n_1 = \frac{60f_1}{p}$	f_1 —电源频率(Hz); p —电动机极对数; n_1 —同步转速(r/min);
交流电动机转差率	$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$	n —转子转速(r/min); s —转差率

第二章 电工识图

电气图是工程技术的“语言”，电工按照它进行安装、维修和检查电气设备。电气图的种类很多，应根据其用途分类，国标 GB6988 已做了规定和划分。常用的有系统图、框图、电路图、接线图、功能表图、安装图等。

电气符号包括文字符号、图形符号、项目代号和回路标号等，这些符号是电气图的基本要素。只有弄清各种电气符号的含义、构成和表示方法，才能正确识图。这些电气符号都有统一的国家标准，下面分述之。

第一节 电工常用文字符号

电气设备中常用的文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号。新标准主要是 GB7159—1987《电气技术中的文字符号制订通则》的规定，旧标准主要是 GB92312—1964《电工设备文字符号编制通则》的规定。基本文字符号是表示电气设备、装置和元器件种类的，它又分为单字母符号和双字母符号，现将常用的文字符号列表如下。

一、基本文字符号(见表 2-1)

表 2-1 电气设备、装置和元器件常用基本文字符号

名 称	新标准(GB 7159—1987)		旧标准 (GB 2312—1964)
	单字母符号	双字母符号	
发电机	G		F
直流发电机	G	GD	ZF
交流发电机	G	GA	JF
同步发电机	G	GS	TF
异步发电机	G	GA	YF
永磁发电机	G	GM	YCF
水轮发电机	G	GH	SLF
汽轮发电机	G	GT	QLF
励磁机	G	GE	L