

农村电工 必读

熊俊瑞 编



中国水利水电出版社

前 言

宇宙是无限的,人类的探索也是无限的。17 世纪初人们开始对电、磁现象进行系统的研究,到 1873 年,麦克斯韦总结前人的经验,揭示了光波就是电磁波,并建立了统一的宏观电磁理论。从此人类文明进入了一个崭新的阶段。电工技术是实现电的应用的一门技术。通过人们长期的努力,现在电已成为现代工业、农业、交通运输的主要动力;是原子能、半导体、电子计算技术、遥测遥控技术、航空航天技术的重要物质基础。电的应用直接改变了许多技术的操作过程,减轻了劳动强度,提高了劳动生产率;电是提高人们物质生活、文化生活的重要手段。

电能可以通过太阳能、原子能、化学能、生物能、水力、火力、风力、洋流、潮汐、地热、温差等能源获得,但与水、煤、石油、天然气、核材料、化学物质不同,电能无法大量贮存。发电、供电、用电的全过程几乎是在同一时刻完成的,因此发电的功率和用电的功率必须平衡,这称为电力平衡;在一段时间内,发出的电量和使用的电量也必须平衡,这称为电量平衡。

电有多种效应,如光效应、热效应、磁效应、机械效应、化学效应、光电效应、热电效应、温差电效应、压电效应等。利用这些效应可以生产出高质量的材料,制造出各式各样的机器、设备、仪表仪器。但如处理不当,又会给产品、设备、建筑物、显示通讯乃至人们的生命安全带来危害,甚至造成重大损失。因此要千方百计地兴电之利、除电之害。

电是一种商品,有它的价值。需要大规模的投入才能建设

电站和电网,在发、供、用电的整个过程中会消耗大量成本,损耗部分电能,因此必须按照价值规律来进行电力生产与经营。

在现阶段,电能主要是由水电站、火电厂、核电站等提供的。电能的输送是由电力网来完成的。随着越来越多的新技术、新材料、新工艺的研究和应用,电气设备的装机容量越来越大,输电电压越来越高,输电距离越来越远,微电子技术越来越精密,电的应用越来越广泛,电力、电子设备越来越多,性能越来越完善,人们对电的依赖越来越大。在农村,电已成为必不可少的能源。

为了用好、管好电,我们必须了解电的性能,掌握其应用技术。本书将对农村电工技术作粗浅的阐述,可供初中以上文化程度从事农电工作的人员学习,也可作培训农村电工的教材。

由于作者水平所限,书中错误难免,敬请读者和专家批评指正。

编者

1995年3月

目 录

前 言

第一章 农电基础	1
第一节 农村电工基础知识	1
第二节 农村电业工作准则	24
第三节 农村电工的选拔与考核	34
第四节 图书资料、工具和劳动用品的配备	43
第二章 用电管理	47
第一节 概述	47
第二节 用电申请与供用电协议	48
第三节 计划用电	60
第四节 节约用电	62
第五节 抄表、核算与收费	68
第六节 用电调查及违章、窃电处理	71
第七节 电价与电费管理	80
第八节 乡(镇)电管站的经费管理	89
第三章 电力系统与农村电网	92
第一节 电力系统	92
第二节 农村电网	94
第三节 农村电网的负荷	97
第四节 农村电网的规划	103
第四章 架空配电线路	110
第一节 概述	110
第二节 低压架空线路的规划、设计	129
第三节 架空线路的安装施工	140
第四节 架空线路的运行、维护、检修	167

第五章 室内配线	172
第一节 接户与进户	172
第二节 室内一般配线	175
第三节 灯具与照明	187
第四节 家用电器配线	207
第六章 电气设备	217
第一节 变压器	217
第二节 电动机	242
第三节 高压电器	268
第四节 低压电器	278
第七章 小型发电站	288
第一节 概述	288
第二节 水轮机及调速器	289
第三节 同步发电机	297
第四节 异步发电机	307
第五节 柴油发电机组	311
第八章 电工仪表与测量	314
第一节 常用电工仪表分类	314
第二节 仪表使用注意事项	334
第三节 常用电工仪表及测量	337
第四节 其他仪表、仪器与测量	355
第九章 电能的计量	359
第一节 直流电能的测量	359
第二节 交流电能的计量	361
第三节 电能的计量及其接线	367
第四节 电能计量的错误接线及更正系数	371
第五节 电能计量接线的检查	379
第十章 家用电器	385
第一节 家用电器的分类	385
第二节 制冷器具	385
第三节 电动器具	388

第四节	电热器具	394
第五节	电炊器具	397
第六节	使用家用电器十九忌	400
第十一章	防雷与接地	403
第一节	雷电与防雷	403
第二节	接地与接零	408
第十二章	安全用电	415
第一节	概述	415
第二节	影响触电伤害程度的因素	416
第三节	触电的种类	418
第四节	发生触电的原因	420
第五节	预防触电的措施	421
第六节	安全用电管理	426
第七节	触电急救	437
第八节	新型常用安全用具简介	443

第一章 农 电 基 础

第一节 农村电工基础知识

农村电工肩负农电网的规划、建设、运行、维修、整改及财务管理等任务,必须懂得农电网的建设与管理工作,掌握电气设备的原理与性能,贯彻执行国家的政策法规。因此农村电工除应具有初中及初中以上文化的语文、数学、物理知识以外,还必须掌握相应的电工基本原理和专业基础知识。

一、电工基本原理

电工基础是一门重要的应用科学。长期以来,各类出版单位发行了大量的书刊杂志、专业论文,内容丰富,读者可选择阅读。本书因篇幅有限,不对电工基础理论作系统介绍,而只选录电工名词解释和基本定律与常用计算公式,可起到温习与提示作用,以利阅读本书。

(一)电工名词解释

电荷 指电的量度。以字母 Q 表示,单位为库仑简称库,单位符号为 C 。任何物体都含有大量极微小的带正电荷和带负电荷的质点,电子是带负电荷的最小单元。电子的电荷是 $1.6 \times 10^{-19} C$, $1C$ 的电量为 625×10^{16} 个电子的电量之和。由于某种原因使物体失去或获得电子,物体就会带正电或负电,带电的物体叫带电体,习惯上也把带电体本身简称为电荷。

电场 指在带电体的周围存在着一种特殊物质。当引入其他带电体时,会受到力的作用,就说明带电体周围空间存在

着电场。习惯上用电力线来描述。

电场强度 以字母 E 表示,单位为伏特每米,单位符号为 V/m 。表征电场中某点性质的物理量。

电位 以字母 Φ 或 V 表示,单位是伏特,单位符号为 V 。电场中的各点都有一定的电位。电位相同的线叫等位线,电位相同的面叫等位面。带电体的电位取决于它所带电荷的多少和正负符号。习惯上将大地的电位视作零。

电压 以字母 U 表示,单位是伏特,单位符号为 V 。指电场或电路中两点间的电位差。

电动势(简称电势) 以字母 E 表示,单位是伏特,单位符号为 V 。电源能把电荷从低电位移送到高电位,电动势是电源移送电荷的能力。

电流强度(简称电流) 以字母 I 表示,单位是安培,单位符号为 A 。指单位时间内穿过导体截面的电荷。

电流密度 以字母 J 表示,单位是安每平方米,单位符号为 A/m^2 。指通过导体单位面积的电流。

传导电流 以字母 i_c 表示,单位是安培,单位符号为 A 。带电粒子在导体中作有规则的移动所形成的电流(如自由电子在金属中、离子在液体中的运动)。一般带电粒子的移动速度每秒仅几厘米,这与电流传播的速度是不同的。传导电流即平时所说的电流。

位移电流 以字母 i_d 表示,单位是安培,单位符号为 A 。在电容器中,由于极板电位的改变而形成的电流。其值为穿过包围电容一极板的闭合面的电位移通量的改变率。

徙动电流 以字母 i_v 表示,单位是安培,单位符号 A 。带电体的运动与带电粒子在空间的运动所形成的电流。如在真空电子管中,徙动电流是电子从加热的阴极穿过空间到达屏极所形成的电流。徙动电流不适用于欧姆定律。

电阻 以字母 R 表示,单位是欧姆,单位符号为 Ω 。表征物体对电流通过的阻碍作用。

电阻率 以字母 ρ 表示,单位是欧姆米,单位符号为 $\Omega \cdot m$ 。是衡量物体导电性能的物理量。

电阻温度系数 以字母 α 表示,单位是每摄氏度,单位符号为 $^{\circ}C^{-1}$ 。表示物质的电阻率随温度变化而变化的物理量。当某种物质在 $0^{\circ}C$ 时的电阻率为 ρ_0 时, $t^{\circ}C$ 时的电阻率则为: $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$ 。

电导 以字母 G 表示,单位是西门子,单位符号为 S 。指物体传导电流的能力。 $G = R^{-1}$, $RG = 1$ 。

电导率 以字母 γ 表示,单位是西门子每米,单位符号为 S/m 。是衡量物体导电性能的物理量。 $\gamma = \rho^{-1}$ 。

介电常数(介电系数、介质常数、电容率) 以字母 ϵ 表示,单位是法拉每米,单位符号为 F/m 。是表示物体绝缘能力特性的系数。

相对介电常数 以字母 ϵ_r 表示。是某种物质的介电常数 ϵ 与真空介电常数 ϵ_0 的比值。 $\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0$ 。

导体 带电质点能自由移动的物体。如金属。

绝缘体 电导率很小的物体。如玻璃、橡皮等。

半导体 导电性能介于导体与绝缘体之间的物体。如硅、锗等。

超导体 材料的电阻接近于零的物体。用超导材料制成的导线或设备基本上没有功率损失。

绝缘性能(介电性能) 指绝缘体在外加电压作用下所发生的性能变化和绝缘质量状况。

击穿 绝缘物质在电场的作用下发生剧烈放电或导电的现象。

介质损失 绝缘体在外加电压下发热所损耗的电能。在

高电压下,绝缘体内部气体也能引起游离(电量)损耗。

表面电阻 以字母 r_s 表示,单位是欧姆,单位符号为 Ω 。指电流沿绝缘体表面通过所受到的阻力。

体积电阻 以字母 r_v 表示,单位是欧姆,单位符号为 Ω 。指电流通过物体所受到的阻力。常用于绝缘材料。

磁极 磁铁的两个端面叫磁极。有北极(N极)和南极(S极)之分。磁极的磁性最强。

磁场 在磁铁或电流的周围空间存在着一种特殊物质,当引入磁性物质、运动电荷或载流导体时,会受到力的作用。就是说磁铁或电流周围空间存在着磁场,习惯上用磁力线来描述。

磁通 以字母 Φ 表示,单位是韦伯,单位符号为 Wb 。指通过某个面的磁力线的数量。

磁感应强度 以字母 B 表示,单位是特斯拉,单位符号为 T 。表示磁场中某点磁场性质(强度和方向)的物理量。数值上为单位面积内的磁通量,即磁通密度。 $B=\Phi/S$ 。

磁场强度 以字母 H 表示,单位是安培每米,单位符号为 A/m 。是表示磁场性质的物理量。 $H=B/\mu$ 。

磁通势 以字母 F 表示,单位是安匝,单位符号为 A 。是磁路中产生磁通的源。

磁阻 以字母 R_m 表示,单位是每亨利,单位符号为 H^{-1} 。表征磁路对磁通的阻碍作用。

磁导率 以字母 μ 表示,单位是亨利每米,单位符号为 H/m 。是衡量物质导磁性能的物理量。真空的磁导率为:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \approx 1.257 \times 10^{-6} (\text{H/m}).$$

相对磁导率 以字母 μ_r 表示。指物质的磁导率 μ 与真空磁导率 μ_0 之比值。 $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$ 。

电磁现象 在电流的周围存在着磁场,在随时间变化的电场周围也存在着磁场。

洛伦兹力 即磁场力,指磁场作用于运动电荷的力。导体内运动的带电粒子与原子不断碰撞,使磁场作用于这些粒子的力传递给导体。

电磁感应 导体在磁场中作切割磁力线的运动时,导体中会产生感应电动势;当环链于环形导体(如线圈)中的磁通发生变化时,导体中也会产生感应电动势。

电磁波 在交变的电场周围会产生交变的磁场,在交变的磁场周围又会产生交变的电场,这种不断的变化就形成了电磁波。

静电感应 导体在附近电荷的作用下会感应带电,靠近电荷的一端感生符号相反的电荷,另一端则感生符号相同的电荷。感生的正负电荷数量相同。

自感 以字母 L 表示,单位是亨利,单位符号为 H 。当通电导体中的电流发生变化时,由这电流所产生的交链导体本身的磁通也发生变化,因而在导体中会产生感应电动势,这种现象叫自感现象,这种电动势叫自感电动势。并将穿过某回路所包围面积的磁通与产生此磁通的电流之比例系数叫做该回路的自感系数,简称自感。

互感 以字母 M 表示,单位亨利,单位符号为 H 。当通电导体中的电流发生变化时,由这电流所产生的、交链邻近导体的磁通也发生变化,因而在邻近导体中会产生感应电动势。这种现象叫互感现象,这种电动势叫互感电动势。第一个导体中的电流所产生的环链第二个导体的磁通与该电流的比例系数叫做第一个导体对第二个导体的互感系数,简称互感。

电感 自感与互感的统称。

电容 以字母 C 表示,单位是法拉,单位符号为 F 。表示物体容纳电场能量(电荷)能力的参数。数值上等于被介质分隔的二个导体所具有的电量与两导体的电位差之比值。 $C=Q/U$ 。

矢量 又叫向量、相量。数学上把带箭头的线段称作矢量,线段长短表示大小,箭头所指表示方向。矢量与数量、矢量与矢量可以进行加、减、乘法运算,但与数量的运算不同。电工学中常用矢量表示正弦量,其长短表示正弦量的幅值,箭头指向表示正弦量的相位。

直流 以符号“—”或“DC”表示。指方向不变的电流。

交流 以符号“~”或“AC”表示。大小和方向随时间作周期性变化的电流,称交变电流。

正弦电流 $i=I_m\sin(\omega t+\varphi)$,按正弦函数规律变化的交变电流。

非正弦电流 不按正弦函数规律变化的交变电流。

脉冲电流 大小随时间变化而方向不变的电流。

谐波电流 非正弦电流可以分解成一系列不同频率的正弦电流。频率为基波频率整数倍的正弦波叫谐波。一般基波指工频电流。

频率 以字母 f 表示,单位是赫兹,单位符号为 Hz 。每秒钟内电流方向改变的次数。

周期 以字母 T 表示,单位是秒,单位符号为 s 。交变电流每变化一个循环所需的时间。 $T=1/f$ 。

波长 以字母 λ 表示,单位是米,单位符号为 m 。电磁波在一个周期内传播的距离。

振幅 交变电流(或其他量)在一个周期内出现的最大值。如 I_m 、 U_m 等。

平均值 一段时间内流过电路的总电荷与该段时间的

比。如 $\bar{I}=0.637I_m$ 。

有效值 一段时间内与直流电流通过电阻发出的热量相等的交流电流。是交流电的均方根值。如 $I_m=\sqrt{2}I, I=0.707I_m$ 。

角频 以字母 ω 表示。 $\omega=2\pi f$ 。

相位 正弦函数在任一时刻变化的角度,即 $\omega t+\varphi$ 。

初相位 也叫初相、相位。以字母 φ 表示。指正弦函数变化的起始角度。

相位差 两个同频率正弦函数的相位之差。如 $\varphi_1-\varphi_2$ 等。

涡流 在交变磁场中的导体内所产生的感生电流。

感抗 以字母 X_L 表示,单位是欧姆,单位符号为 Ω 。指电感对交流电流通过的阻碍作用。 $X_L=\omega L=2\pi fL$ 。

容抗 以字母 X_C 表示,单位是欧姆,单位符号为 Ω 。指电容对交流电流通过的阻碍作用。 $X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{2\pi fC}$ 。

电抗 以字母 X 表示,单位是欧姆,单位符号为 Ω 。感抗和容抗的代数和。 $X=X_L-X_C=\omega L-\frac{1}{\omega C}$ 。

阻抗 以字母 Z 表示,单位是欧姆,单位符号为 Ω 。电阻与电抗的几何和。 $Z=\sqrt{R^2+X^2}=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$ 。

电纳 以字母 B 表示,单位是西门子,单位符号为 S。电抗的倒数。 $B_L=1/X_L, B_C=1/X_C, B=B_L-B_C=\frac{1}{\omega L}-\omega C$ 。

导纳 以字母 Y 表示,单位是西门子,单位符号为 S。电导和电纳的几何和。 $Y=\sqrt{G^2+B^2}=1/Z$ 。有 $ZY=1, \frac{X}{R}=\frac{B}{G}$ 。

交流电路 流过正弦交流电流的电路,也叫正弦电路。

三相电路 由相位互相相差 120° 的三个单相交流电路组成的电路。

星形接线 以符号 Y 表示。三相电源或负载接成星形。

有零线时叫三相四线制电路,以符号“ Y_0 ”或“ Y_N ”表示。零线也叫中线、中性线。

三角形接线 以符号 Δ 表示。三相电源或负载接成三角形,是一种三相三线制电路。

相电压 以符号 U_ϕ 表示,单位是伏特,单位符号为 V。三相输电线与中性线之间的电压。

线电压 以符号 U_L 表示,单位是伏特,单位符号为 V。三相输电线之间的电压。通常以 U 表示。

相电流 以符号 I_ϕ 表示,单位是安培,单位符号为 A。三相电路中每相电源或负载中的电流。

线电流 以符号 I_L 表示,单位是安培,单位符号为 A。三相输电线中的电流。通常以 I 表示。

在 Y 接线中有: $U_L = \sqrt{3} U_\phi, I_L = I_\phi$ 。

在 Δ 接线中有: $U_L = U_\phi, I_L = \sqrt{3} I_\phi$ 。

电功率 以符号 P 表示,单位是瓦特,单位符号为 W。指单位时间内电能所作的功,常称功率。

有功功率 以符号 P 表示,单位是瓦特,单位符号为 W。电阻负载所消耗的功率,也叫平均功率。

无功功率 以符号 Q 表示,单位是乏,单位符号为 var。电抗与电源进行能量交换的量。

视在功率 以符号 S 表示,单位是伏安、千伏安,单位符号为 V·A、kV·A。交流电路中电压与电流的乘积。 $S = UI$, $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ 。

功率因数 以符号 $\cos\varphi$ 表示。交流电路中电压、电流的相位差 φ 的余弦值。 $\cos\varphi = P/S = R/Z$ 。

电能 以符号 A 表示,单位是瓦特时、千瓦特小时,单位符号为 Wh、kW·h。也叫电量。

有功电量 电阻负载所消耗的电量,单位是千瓦特小时,

单位符号为 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

无功电量 电抗与电源所交换的电量,单位是乏时、千乏小时,单位符号为 $\text{var} \cdot \text{h}$ 。

磁化 在外磁场作用下,铁磁体建立磁场的过程。

剩磁 当外磁场取消后,铁磁体仍保持一定磁性。

磁化曲线 物体在磁化过程中,磁场强度与磁感应强度变化的关系曲线。

磁滞 在铁磁物质反复磁化的过程中,磁感应强度的变化滞后于磁场强度的变化。

磁滞回线 当外磁场作周期性变化时,铁磁体被反复磁化,其磁化曲线会形成一条闭合回线。

基本磁化曲线 当外磁场的磁场强度取不同值时,铁磁体的磁化可得到一系列大小不同的磁滞回线,其顶点的联线就是基本磁化曲线。

功率损失 以符号 ΔP 表示,单位是瓦特、千瓦特,单位符号为 W 、 kW 。电能传输过程中所产生的损失。主要包括铁损、铜损和杂散损失。

铁损(铁芯损失) 以符号 ΔP_{Fe} 表示,单位是瓦特,单位符号为 W 。铁磁物质在交变磁场中所产生的功率损失,包括磁滞损失和涡流损失。

磁滞损失 以符号 ΔP_{r} 表示。铁磁体在反复磁化过程中产生的功率损失。

涡流损失 以符号 ΔP_{i} 表示。因铁磁体能导电,又有电阻,涡流在其中环流时会产生功率损失。

铜损 以符号 ΔP_{Cu} 表示。因导体有电阻,通过电流时会发热而造成功率损失。

损耗率 以 $\%$ 表示。损耗功率与输入功率之比值。

效率 以符号 η 表示。输出功率与输入功率之比值。

谐振(共振) 由电感和电容组成的 L - C 电路,当电路的固有频率和外加电源的频率相等时,出现电路的电抗或电纳等于零的现象,就说这个电路发生了谐振。此时有: $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。

电压谐振(串联谐振) 在电感和电容串联的电路中,以变外加电压的频率,或改变电感(或电容)的数值,使电路的电抗 $X = X_L - X_C = 0$,元件上的电压会很高。

电流谐振(并联谐振) 在电感和电容并联的电路中,改变外加电流的频率,或改变电感(或电容)的数值,使电路的电纳 $B = B_L - B_C = 0$,元件上的电流会很大。电压、电流谐振被广泛应用于通讯广播和自动控制中。

电压铁磁共振 在铁芯线圈与线性电容串联的电路里,均匀地改变电压会发生电流的振幅与相角符号突变的现象。这是线性电路所不能具有的。

电流铁磁共振 在铁芯线圈与线性电容并联的电路里,均匀地改变电流会发生电压的振幅与相角符号突变的现象。这也是线性电路所不能具有的。铁磁共振危害电网的安全运行。

整流 利用具有单向导电特性的二极管把交流电转变成直流电的过程。

滤波 利用电感与电容组成的电路滤去电流中高次谐波分量的过程。

逆变 利用可控二极管组成的桥式电路把直流电转变成交流电的过程。

屏蔽 用金属板、网或软铁材料将电路或电路元件包围起来,以防止或减少内部或外部电场和磁场的干扰。如屏蔽罩、屏蔽线、同轴电缆等。

电流的光效应 放电或电流通过电阻丝会发出明亮的光。

电流的热效应(焦耳效应) 电流通过电阻会产生热量,由焦耳——楞茨定律确定。

电流的磁效应 电流的周围总伴随着磁场的存在,电流的变化会引起磁场的变化。反之,磁场的变化会使处在磁场中的导体产生感应电动势。

电的机械效应 处在外磁场中的通电导体或运动电荷会受到力的作用。如果导体是自由的,就会发生机械运动。反之,当导体在磁场中作切割磁力线的运动时,导体内会产生感应电动势。

电的化学效应 在特定条件下,电流会使某些物质发生化学反应而生成新的物质。反之,在特定条件下,某些物质发生化学反应时会产生电动势。

电子的逸出 当物体中电子的能量达到某一数值时,电子会从物体表面跑出来,叫逸出。不同元素的电子逸出时所需的能量不同。

光电效应 金属物体受光线照射时会逸出电子,光电管就是根据这一效应制造的。光线照射使半导体的电导率发生改变的效应叫内光电效应,也叫半导体光电导效应。

热电效应(爱迪生效应) 金属物体加热后会逸出电子。电子管、离子管就是根据热电子发射原理制造的。加热引起半导体电导率改变的效应叫半导体热电导效应。

伏打效应 两个在电气上接通的材料间越过空间存在着电位差,也叫接触电位差或接触电动势。最原始的伏打电池就是据此制造的。

温差电效应(汤姆逊效应) 电流通过均匀导体内温度不同的两点时,两点之间存在电压。热流入或流出导体的方向取决于电流是从较冷端流向较热端,还是从较热端流向较冷端。