

简明建筑电工手册

刘元敏 徐 真 等编

简明建筑电工手册

刘元敏 徐 真 等编

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号)

新华书店经销

上海科技文献出版社昆山联营厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 24.25 字数 586,000

1990年5月第1版 1990年5月第1次印刷

印数: 1—8,300

ISBN 7-80513-501-0/T·151

定 价: 8.80 元

《科技新书目》205-324

目 录

前 言

第一章	电工基础知识	1
1-1	电工名词解释	1
1-2	常用电工计算公式	10
1-3	常用表格	21
1-4	常用电工设备的图形符号	29
第二章	建筑施工机械常用交流异步电动机	58
2-1	三相异步电动机的结构和运转原理	58
2-2	三相异步电动机的型号、结构型式和用途	63
2-3	三相异步电动机的技术数据	67
2-4	三相异步电动机的起动控制	123
2-5	三相异步电动机的使用、维护和拆装	157
2-6	三相异步电动机常见故障及处理方法	161
2-7	异步电动机的安装	166
第三章	电力变压器	178
3-1	变压器的工作原理	178
3-2	常用电力变压器的型号和技术数据	186
3-3	变压器的选择	214
3-4	变压器的安装	217
3-5	变压器的运行和维护	226
第四章	低压电器	236
4-1	低压电器的分类及产品型号的意义	236

4-2	刀开关和转换开关.....	240
4-3	低压熔断器.....	246
4-4	自动开关.....	253
4-5	交流接触器.....	260
4-6	起动器.....	268
4-7	主令电器.....	275
4-8	电阻器和变阻器.....	278
4-9	制动电磁铁.....	280
4-10	控制继电器.....	288
4-11	低压电器的修理.....	296
第五章	建筑变配电.....	310
5-1	工业企业供电系统.....	310
5-2	电力负荷的计算.....	316
5-3	变配电所.....	326
5-4	配电装置.....	376
第六章	配电线路.....	502
6-1	导线和电缆截面的选择与计算.....	502
6-2	电线与电缆.....	508
6-3	架空配电线路.....	560
6-4	电缆线路.....	613
6-5	低压接户线与进户线.....	617
6-6	室内配线.....	619
6-7	电力线路的运行维护.....	629
第七章	电气照明.....	633
7-1	电光源的分类及适用场所.....	633
7-2	电光源.....	638
7-3	灯具.....	672

第八章 安全用电	721
8-1 触电与预防	721
8-2 安全用具	727
8-3 接地与接零	732
8-4 防雷保护	744
8-5 触电的急救	753
8-6 电气火灾的扑救	758
8-7 触电保安器	759
参考文献	763

第一章 电工基础知识

1-1 电工名词解释

电荷 电的量度,电子是其最小单元。电荷有正电荷和负电荷,如果某物体失去或得到一些电子,则称该物体带电。失去电子的物体带正电,得到电子的物体带负电。电荷之间存在相互的作用力,同性电荷相互排斥,异性电荷相互吸引。电荷以字母 Q 表示,单位为 C(库仑)。一个电子的电荷是 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 。

电流 电荷有规则的运动叫做电流。

电流强度 用来衡量电流强弱的物理量。在数值上它等于单位时间内穿过导体截面积的电量,单位为 A(安培,简称安),更大的电流单位是 kA(千安)。习惯上往往把电流强度简称电流。

电流密度 通过单位面积的电流大小称为电流密度,以字母 j 表示,单位为 A/mm^2 (安/毫米²)。

电位 在电场中,单位正电荷从某点移到参考点时,电场力所做的功,称为某点的电位。在理论上,常取无限远点作为电位的参考点;在工程中,常取大地作为电位的参考点。电位的单位为 V(伏特,简称伏),更大的电位单位为 kV(千伏)。

电压 静电场或电路中两点间的电位差,其数值等于单位正电荷在电场力的作用下,从一点移动到另一点所作的功,以字母 U 表示,单位为 V(伏特,简称伏)。

导体 带电粒子能在其中自由移动的物体,称为导体。各

种金属、人体、大地，各种酸、碱、盐的水溶液(即电解液)都是导体。用金属联接带正电和带负电的物体时，金属中的自由电子就移动到带正电的物体上，去补充电子的不足，而带负电的物体中的多余电子又跑到金属上来。至于电解液，由于其内部存在着正、负离子，它们在导电时可以自由移动，因而成为导体。

绝缘体 某些物体原子中的电子都被原子核紧紧地束缚住，几乎没有自由电子存在，因此导电能力极其微弱。这种几乎不能导电的物体称为绝缘体，如橡胶、塑料、陶瓷、云母、石蜡、胶木、油类、绝缘漆、干燥的木材和空气等。

半导体 导电性能介于导体和绝缘体之间的物体称为半导体。目前应用较广的半导体有硅、锗、硒等。

电阻 导体既有导电的能力，又有阻碍电流通过的作用，这种阻碍作用叫做导体的电阻，以字母 R 或 r 表示。电阻的大小与导体的长度成正比，与导体的横截面积成反比，还与导体的材料有关，电阻的单位是 Ω (欧姆，简称欧)。

电阻率 电阻率又称电阻系数或比电阻，是衡量物体导电性能好坏的一个物理量，以字母 ρ 表示，单位为 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (欧姆·毫米²/米)。电阻率的数值等于用该种物质做成的长为 1m、横截面积为 1mm^2 的导线，在温度为 20°C 时的电阻值。电阻率愈大，则物质的电阻愈大，导电性能愈差。

电阻的温度系数 表示物质的电阻率随温度而变化的物理量，其数值等于温度每升高 1°C 时，电阻率的增加量与原来的电阻率的比值，以字母 α 表示，单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。

电导 又叫电导系数，也是衡量物体导电性能好坏的一个物理量。其大小在数值上是电阻率的倒数，以字母 γ 表示，单位为 $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ (米/欧姆·毫米²)。

电动势 电路中因其它形式的能量转换为电能所引起的电位差,叫做电动势,其数值等于单位正电荷在回路中绕行一周时电源力所作的功,单位为 V(伏特,简称伏)。

直流 大小和方向不随时间而变化的电流称为 稳恒 电流,又称直流。

磁场 在磁铁或电流周围空间的其它磁性物质或载流导体会受到力的作用,这个现象说明,磁铁或电流周围空间建立了磁场。

磁感应强度 表示磁场强弱与方向的物理量,包括由电流产生的磁场和磁介质因磁化而产生的磁场,在充满均匀磁介质情况下,由它决定磁场作用于磁性物质(或载流导体)上的作用力,以字母 B 表示,单位为 Wb/m^2 (韦伯/米²)。

磁感应强度更小的单位为 Gs(高斯), $1\text{Wb}/\text{m}^2 = 10^4\text{Gs}$ 。

磁通 磁感应强度与垂直于磁场方向的面积的乘积叫磁通,以字母 Φ 表示,单位为 Wb(韦伯)。

磁通密度 单位面积上所通过的磁通大小叫磁通密度。因此,磁通密度和磁感应强度在数值上是一致的,也以字母 B 表示,单位为 Wb。

磁场强度 也是表示磁场强弱与方向的物理量,但它不包括磁介质因磁化而产生的磁场,以字母 H 表示,单位为 A/m(安/米)。磁场强度的大小在数值上等于磁感应强度与磁导率之比。

磁动势 在磁路中产生磁通的源叫磁动势,以字母 F 表示,单位为 A(安匝)。磁动势的大小等于绕在磁路上的线圈匝数乘以流过线圈的电流。

磁阻 表示磁路对磁通所起的阻碍作用,以符号 R_m 表示,单位为 $1/H$ (1/亨)。

磁导率 又称导磁系数,是衡量物质导磁性能的物理量,以字母 μ 表示,单位为 H/m(亨/米)。

相对磁导率 任何一种物质的磁导率 μ 与真空的磁导率 μ_0 的比值叫相对磁导率,以符号 μ_r 表示。

剩磁 将铁磁物质放在外磁场之中,铁磁物质将被磁化,当外磁场消失后,铁磁物质仍保留一定的磁性,就叫剩磁。永久磁铁就是剩磁很强的磁性物质。

电磁力 载流导体在外磁场中将受到力的作用,这种力叫电磁力。

电磁感应现象 当穿过闭合回路所包围面积的磁通量发生变化时,回路中就会产生电流。这叫电磁感应现象。回路中产生的电流叫做感应电流。同样,当闭合回路中的一段导线在磁场中运动、并切割磁力线时,导体中也产生电流。上述两种现象是用不同方式对同一个本质进行观察所得到的,两种现象是统一的。切割磁力线的过程可看作是闭合回路中磁通量变化的过程。

感应电动势及其方向 根据电磁感应现象,回路中出现感应电流,表明回路中有感应电动势产生。闭合回路中的感应电动势又总是企图产生一个电流,该电流产生的磁通量力图阻碍原来磁通量的变化,该电流的方向就是感应电动势的方向。

右手定则 导体在磁场中作切割磁力线的运动时,将产生感应电动势。其中磁力线方向、导体运动方向和感应电动势方向三者间存在着一定关系,称为右手定则。即伸开右手手掌,使拇指和其它四指相垂直,让磁力线穿过手心,使拇指指着导体运动方向,则其它四指的指向即为感应电动势的方向。

左手定则 将载流导体置于磁场中,则载流导体将受到力的作用。其中磁力线方向、载流导体中的电流方向和载流导体

受到的作用力方向三者之间存在着一定关系,称为左手定则。即伸开左手手掌,使拇指和其它四指相垂直,让磁力线穿过手心,使四指指向电流的方向,则大拇指的指向即为导体受力的方向。

电感 当闭合回路(或线圈)自身的电流变化时,引起穿过它本身的磁通跟着发生变化,因此在回路中也将产生感应电动势,这种现象称为自感现象。这种感应电动势称为自感电动势。穿过闭合回路(或线圈)的磁通与产生该磁通的电流之间的比值,叫做回路(或线圈)的自感系数,简称自感,以字母 L 来表示,单位为 H(亨利,简称亨)。

当两个闭合回路(或线圈)相互靠近,其中一个回路(或线圈)中的电流变化,引起穿过另一个回路(或线圈)所包围的磁通量跟着变化,使这个回路(或线圈)中产生感应电动势的现象,叫做互感现象。由第一个回路(或线圈)的电流所产生而与第二个回路(或线圈)相连的磁通,同该电流的比值,叫做第一个回路(或线圈)对第二个回路(或线圈)的互感系数,简称互感,以字母 M 表示,单位为 H(亨利,简称亨)。

电感是自感与互感的统称。

感抗 当交流电流通过具有电感的电路时,电感有阻碍交流电流通过的作用。这个作用叫做感抗,以符号 x_L 表示,单位为 Ω 。感抗在数值上等于电感 L 乘以电流频率 f 的 2π 倍,即 $x_L = 2\pi fL$ 。

涡流 放在变化磁场中的导电物质内部会产生感应电流,以反抗磁通的变化,这种感应电流叫做涡流。

磁滞 铁磁体在反复磁化的过程中,它的磁感应强度的变化总是滞后于它的磁场强度,这种现象叫磁滞。

磁滞回线 在磁场中,铁磁体的磁感应强度与磁场强度的

关系可用曲线来表示。当磁化磁场作周期性的变化时，铁磁体中的磁感应强度与磁场强度的关系是一条闭合曲线，这条闭合曲线叫磁滞回线。

磁滞损耗 放在交变外磁场中的铁磁体，因磁滞现象而产生功率损耗，使铁磁体发热。这种损耗叫磁滞损耗。

电容 表示两个分隔开来的导体储存电荷能力的一个参数，以字母 C 表示。它在数值上等于导体所具有的电量与所具有的电压的比值。单位为 F (法拉，简称法)。

容抗 交流电流过具有电容的电路时，电容有阻碍交流电流过的作用，这种作用叫容抗，以符号 x_c 表示，单位为 Ω 。容抗在数值上等于 2π 与电容 C 、电流频率 f 乘积的倒数，即

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

阻抗 交流电流过具有电阻、电感和电容的电路时，它们对交流电的阻碍作用叫阻抗，用字母 z 表示，单位为 Ω 。阻抗在数值上等于电阻的平方与感抗减容抗之差的平方和的平方根，即

$$z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2}$$

交流 大小和方向随时间作周期性变化的电流，称为交流。

电动势、电压和电流的大小随时间作正弦规律变化的电路，称为正弦交流电路。它是交流电路最基本的形式。

频率 在一秒钟内，交流电所完成的交变次数，称为频率，以字母 f 表示，单位为周/秒，或称 Hz (赫兹，简称赫)。

我国发电厂所生产的交流电，频率为 $50Hz$ 。这一频率定为工业标准频率，简称工频。

周期 交流电每变化一周所需要的时间叫周期, 以字母 T 表示, 单位为 s(秒)。周期与频率互为倒数, 即

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{以及} \quad f = \frac{1}{T}$$

振幅 交流电流或电压在一个周期内出现的最大值叫振幅。

相角和相位差 交流电瞬时值表达式中, 正弦(或余弦)符号后面相当于角度的量, 叫做交流电的相角, 又称相位。例如正弦交流电流瞬时值 i 的表达式为

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_0)$$

其中 $(\omega t + \psi_0)$ 即为正弦交流电流的相角。当 $t=0$ 时, 相角等于 ψ_0 , 称为初相角, 简称初相。两个同频率正弦量的初相角之差, 称为相角差或相位差。相位差等于零的两个正弦量, 称为同相。

角频率 相角在每秒中变化的角度以弧度数来表示时, 称为角频率, 以字母 ω 来表示, 单位是 rad/s(弧度/秒)。即

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T} \text{ (rad/s)}$$

有效值 在两个相同的电阻中, 分别通以直流电和交流电, 如果经过相同时间, 它们发出的热量相等, 则把此直流电的大小定为该交流电的有效值, 以 I 表示。正弦电流的有效值等于它最大值的 0.707 倍。

在电气设备和电气元件上所标出的额定电压、额定电流, 如无特别说明, 则指的都是有效值。

瞬时功率 交流电路中任一瞬间的功率, 称为瞬时功率。如电压和电流的瞬时值分别用 u 、 i 表示, 则瞬时功率为 $p = u \cdot i$ 。

有功功率 又叫平均功率。交流电的瞬时功率不是一个恒

定值，功率在一个周期内的平均值叫做有功功率。它是指电路中的电阻所消耗的功率，以字母 P 表示，单位是 W (瓦) 或 kW (千瓦)。

无功功率 在具有电感或电容的电路中，电感或电容在半个周期的时间里把电源送来的能量变成磁场或电场的能量储存起来，而在另外半个周期的时间里又把储存的磁场或电场能量送还给电源，这样周而复始，只与电源交换能量，并不真正消耗能量。我们把与电源交换能量的速率的振幅值叫做无功功率，以字母 Q 表示，单位为 var (乏) 或 $kvar$ (千乏)。

视在功率 在具有电阻和电抗的电路内，其电压与电流有效值的乘积称为视在功率，以字母 S 表示，单位为 VA (伏安) 或 kVA (千伏安)，其值为

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

功率因数 在直流电路里，电压乘电流就是有功功率。但在交流电路里，电压与电流有效值的乘积是视在功率，而能起到作功的一部分功率(即有功功率)小于视在功率。有功功率与视在功率的比值，称为功率因数，通常以 $\cos\varphi$ 表示， φ 角称为功率因数角。 $\cos\varphi$ 的数值在 0 至 1 之间。

电路 用导线将电源和负载按一定方式连接起来的回路叫电路，即电流所经之路。电路的形式和作用多种多样，有为了传送或分配电力而构成的电路；也有为了处理和传输电信号而构成的电路等。当电流通过电路时，接在电路中的负载将电能转换成人们所希望获得的能量形式。电源起着把其他形式的能量转变成电能的作用，连接导线起着输送和分配电能的作用。

支路电流法 它以支路电流为未知量，直接应用基尔霍夫电流定律和电压定律，列出所需要的方程，而后联立解出各未知支路电流的方法。这个方法常应用于复杂电路的计算中。

回路电流法 它以回路电流为未知量,应用基尔霍夫电流定律及电压定律,列出所需要的方程,而后联立解出各未知的回路电流,再利用叠加法,最后求得各支路电流。它是复杂电路计算中常用的方法。

节点电位法 从各节点电流代数和为零的思想出发,但 $\sum I=0$ 这个关系不以电流来表示,而是以电路中各节点电位为未知量的形式表示出来,并求解联立方程。求出各点电位后,可进一步确定电路中各支路电流及电压值。在复杂电路的计算中,这是一种重要的方法。

叠加原理 在线性电路中,任一支路电流(或电压),都是电路中各个电动势单独作用时,在该支路中产生的电流(或电压)的代数和。线性电路的这一性质称为叠加原理。

等效电源定理(即戴维南定理) 一个线性有源二端网络,可以用一个等效电源代替。这个等效电源的电动势等于有源二端网络两个接线端的开路电压。它的内阻等于其内部电动势为零时,在两个接线端的等效电阻。这个定理叫做等效电源定理。

三相正弦交流电动势 由三相交流发电机产生的三个正弦交流电动势 e_A 、 e_B 、 e_C ,构成了一组幅值相同、频率相同、相位上互差 120° 的三相电动势,叫做对称的三相电动势,它们的瞬时值可写成

$$e_A = E_m \sin \omega t$$

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_C = E_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

相电压 三相电源中,任一根相线(火线)与中线之间的电压,叫做相电压。

线电压 三相电源中,任意两根相线(火线)之间的电压,叫做线电压。

相电流 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。

电流的化学效应 电流通过盐类、碱类和酸类的溶液，能使它们分解，将电能转换为化学能或其它形式能量，这种作用叫做电流的化学效应。如电镀就是利用电流的化学效应。

静电感应 导体在附近电荷的作用下感应带电，靠近电荷的一端感应出与它符号相反的电荷，另一端则感应出与它符号相同的电荷，感应的正负电荷在数量上是相同的。这种现象叫做静电感应。工业上的静电植绒就是应用了静电感应的原理。

趋肤效应 又叫集肤效应。当高频电流通过导体时，电流将集中在导体表面流通，这种现象叫做趋肤效应。

热电效应 将两根不同的金属导线的两端分别连接起来，形成一闭合回路。若在其一端加热，另一端冷却，导体中将产生电流。此外，在一段均匀导线上如有很高的温度差存在时，导线两端会有电动势出现。这些现象叫做热电效应。工业上测高温用的热电式仪表就是应用热电效应这个原理。

光电效应 光线被物质吸收，产生电的效应叫做光电效应。太阳能电池是应用光电效应而制成的。

压电效应 对石英、酒石酸钾钠等晶体的表面施加压力，在两受力面上将产生异性电荷，两表面间将出现电位差，反之这些晶体处于交变的电场中将产生振动，这种现象叫做压电效应。工业上如压电效应型超声波发生器就是应用这一原理制成的。

1-2 常用电工计算公式

1-2-1 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，而与

该段电路的电阻(或阻抗)成反比,这个定律称为欧姆定律。

$$\text{直流电路} \quad I = \frac{U}{R}$$

$$\text{交流电路} \quad I = \frac{U}{z}$$

式中: I ——直流电流或交流电流的有效值(A);

U ——直流电压或交流电压的有效值(V);

R ——电阻(Ω);

z ——阻抗(Ω)。

1-2-2 基尔霍夫电流定律

对电路中任一节点,任何时刻流入该节点电流的代数和,恒等于从该节点流出电流的代数和。即流入的电流和流出的电流的总和为零。这个定律叫做基尔霍夫电流定律。

$$\text{直流} \quad \sum I = 0$$

$$\text{交流} \quad \sum \dot{I} = 0$$

式中: I ——直流电流;

$\dot{I}$ ——交流电流的有效值相量(A)。

1-2-3 基尔霍夫电压定律

在任何时刻,沿任一回路绕行方向(顺时针或逆时针方向),回路内各段电压降的代数和等于各电动势的代数和。

$$\text{直流} \quad \sum U = \sum E \quad \text{或} \quad \sum IR = \sum E$$

$$\text{交流} \quad \sum \dot{U} = \sum \dot{E} \quad \text{或} \quad \sum \dot{I}Z = \sum \dot{E}$$

式中: I ——直流电流(A);

U ——直流电压(V);

E ——直流电动势(V);

R ——电阻(Ω);

$\dot{I}$ ——交流电流相量(A);

$\dot{U}$ ——交流电压相量(V);
 $\dot{E}$ ——交流电动势相量(V);
 Z ——复阻抗(Ω)。

1-2-4 感应电动势

感应电动势的大小,与线圈中磁通的变化率成正比,即

$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

当线圈中的磁通按正弦规律变化时,感应电动势的有效值可用下式计算

$$E = 4.44 f N \Phi_m$$

式中: e ——感应电动势的瞬时值(V);
 ϕ ——磁通量(10^{-8} Wb);
 E ——感应电动势的有效值(V);
 f ——磁通的交变频率(Hz);
 N ——线圈匝数;
 Φ_m ——磁通的最大值(10^{-8} Wb);

当导线切割磁力线时(导线、磁场和运动方向三者互相垂直,并且磁场均匀),产生的感应电动势为

$$e = BLv$$

式中: e ——感应电动势的瞬时值(V);
 B ——磁感应强度(Wb/m²);
 L ——导线在磁场内的长度(m);
 v ——导线运动速度(m/s)。

1-2-5 直流电路的电功率

直流电路电功率可用下式计算

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

式中: P ——电功率(W);