

电工人员实用手册



人民邮电出版社
任致程 编



电工人员实用手册

任致程 编

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是一本广大城乡电工人员可以随时查阅的实用工具书。书中结合电工人员实际需要,介绍了电工常用的名词术语、图形和文字符号、计算公式、仪表选用等基本知识,并提供了大量电工材料和器部件的实用数据以及常用电气线路实例和安全用电常识。该书内容精练,实用,携带比较方便,适合广大电工人员在工作中随时参考。

电工人员实用手册

Diangong Renyuan Shiyong Shouce

◆ 编 著 程

责任编辑 贾安坤

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街14号

中国铁道出版社印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/32

印张:14.25

字数:324 千字

1997年7月第1版

印数:1—11 000 册

1997年7月北京第1次印刷

ISBN7-115-06385-0/TN·1161

定价:16.00 元

前 言

目前,由于电的应用普及,新技术和设备的大量应用,从事电气工作的人员越来越多,并发挥着越来越重要的作用。如何提高电工的工作水平,快速高效地完成工作任务,是广大电工人员普遍关心的问题。

本手册针对当前电工人员的工作需要,从便于携带、实用易查角度出发,精选了电工常用名词术语、公式、图形和文字符号、仪表选用等知识加以介绍,并提供了大量电工材料和电气器部件数据、电气线路实例及安全用电知识等。电工人员在日常工作中遇到的计算、选材、安装、维修等问题都可以从本手册中得到帮助。

本手册在编写过程中,曾得到了很多同志的帮助,其中部分内容引用了其它书刊的一些资料,在此向原作者表示衷心感谢。

由于作者能力所限,书中难免有错误,望广大读者予以指正。

湖南省计算技术研究所 任致程

目 录

第一章 电工基础知识	1
一、电工名词	1
二、常用公式	8
(一)欧姆定律	8
(二)基尔霍夫第一定理	8
(三)基尔霍夫第二定理	9
(四)感应电动势	9
(五)导线切割磁力线时的电动势	9
(六)直流电路的电功率	10
(七)单相交流电路的电功率	10
(八)对称三相交流电路的电功率	11
(九)对称三相交流电路电压及电流关系	11
(十)载流导体的电动力效应	11
(十一)焦耳楞次定律—电流的热效应	12
(十二)变压器电压与变比关系	12
(十三)变压器每伏应绕匝数(50Hz)	12
(十四)电动机的额定转矩	13
(十五)异步电动机转速、转差率与电源频率、 磁极对数的关系	13
(十六)阻抗变换计算公式	14
三、经验公式	16

(一)求电路中所需电容器的电容量	16
(二)容抗的速算经验公式	17
(三)三相交流电动机视在功率速算法	18
(四)用万用表速测异步电动机极数	18
(五)求电动机额定电流的经验公式	19
(六)求电动机功率、转矩的经验公式	19
(七)选取电动机线路熔丝的经验公式	19
(八)估算交流接触器线圈匝数的经验公式	20
(九)配电网 $\cos\varphi$ 值速算法	21
(十)功率因数速算表	24
(十一)每 1kW 有功功率所需无功容量速算表	29
(十二)功率因数为 1 时,功率与电流关系对照表	31
(十三)单相 220V 交流(内线线路)或 直流系统负荷力矩表	31
(十四)三相 380V/220V 系统(内线线路) 负荷力矩表	33
(十五)三相 380V 架空线路铝导线电压损失表	34
四、常用电气图形符号和文字符号	35
(一)常用电气图形符号新旧对照	36
(二)电气技术中常用的文字符号	42

第二章 电工仪表

一、测量仪表的基本知识	49
(一)仪表的级别	49
(二)常用电工仪表的结构形式及特点	49
二、常用电工仪表	53
三、常用电工仪表的使用	87

(一) 电流的测量	87
(二) 电压的测量	89
(三) 功率的测量	89
(四) 电能的测量	92
四、常用仪表维护及检修	95
(一) 普通万用表(指针式万用表)	95
(二) 数字万用表	101
(三) 兆欧表	106
(四) 钳形电表	111
第三章 常用电工材料	114
一、电线电缆	114
(一) 裸电线	114
(二) 电磁线	123
(三) 绝缘电线	123
(四) 电力电缆	147
(五) 电气装备用电线	167
(六) 控制电缆	172
二、绝缘材料	174
(一) 绝缘材料的分类	174
(二) 绝缘材料的性能	175
(三) 绝缘材料的耐热	176
(四) 常用绝缘材料	177
三、磁性材料	193
(一) 金属、合金磁性材料	193
(二) 非金属磁性材料——铁氧体磁性材料	199
四、电阻合金	206

五、电热材料	210
六、管状电热元件	215
(一)管状电热元件的选用	215
(二)常用的管状电热元件的技术数据	216
七、铜、铝线鼻子	218
八、电工常用金属材料规格和重量	222
(一)铝板	222
(二)钢绞线	222
(三)热轧圆钢	222
(四)热轧扁钢	224
(五)不等边角钢	224
(六)等边角钢	224
(七)热轧普通槽钢	228
(八)热轧普通工字钢	229
(九)电线管	230
(十)焊接钢管	231
九、常用润滑脂、机油	231
(一)机油	231
(二)润滑脂	232
十、胶粘剂	232
(一)环氧树脂胶粘剂	235
(二)502 胶	238
(三)胶粘剂的选用	239
第四章 低压电器	242
一、分类与型号表示方法	242
(一)低压电器的分类	242

(二)低压电器产品型号表示方法	243
二、常用低压电器	245
(一)熔断器	245
(二)刀开关	255
(三)组合开关	263
(四)自动开关	266
(五)接触器	271
(六)控制继电器	277
(七)启动器	291
(八)电磁铁	294
(九)主令电器	297
(十)端子排及接线端子	303
(十一)信号灯	308
第五章 照明电器	310
一、电光源(灯泡)	310
(一)电光源的分类和主要特性	310
(二)照明灯泡	311
二、照明器具	328
(一)灯座	328
(二)照明用其它附件	330
(三)常用灯具	338
三、一般照明布置方案	353
四、照明用电指标估算	353
第六章 变压器、互感器与电机	356
一、电力变压器	356

(一)10kV 级 S ₇ 系列电力变压器	356
(二)10kV 级 S ₉ 系列电力变压器	359
(三)10kV 级 SZ ₇ 系列有载调压电力变压器	361
二、互感器	363
(一)电压互感器	364
(二)电流互感器	367
三、交流电动机	371
(一)简介	371
(二)交流电动机	374
(三)Y 系列电动机启动保护设备及导线的选择	386
第七章 常用电气线路	390
一、普通电灯安装线路	390
(一)白炽灯线路	390
(二)荧光灯线路	391
二、电动机典型控制线路	392
(一)普通交流电动机的控制线路	392
(二)三相绕线式异步电动机启动控制线路	399
(三)变更磁极对数的调速控制线路	402
三、常用机床控制线路	402
四、常用自耦减压启动控制柜	408
五、柴油发电机组电气线路	412
第八章 安全用电	414
一、触电及预防	414
二、触电急救	417
三、电气保安用具	420

(一)绝缘棒(令克棒).....	420
(二)验电器.....	421
(三)绝缘手套和绝缘靴.....	422
(四)绝缘垫和绝缘站台.....	423
(五)安全带.....	424
四、接地和接零	425
(一)接地与接零的基本知识.....	425
(二)接地装置的设计.....	426
(三)接地装置的安装.....	434
(四)接地装置接地电阻的测试.....	437
五、防雷保护	440
(一)雷的危害.....	440
(二)电器设备的防雷措施.....	441

第一章 电工基础知识

一、电工名词

电子:电子是带有负电荷的基本粒子。电子的电量等于 1.6×10^{-19} 库(C)。一个电子的静止质量约为 9.1×10^{-28} 克(g)。

电荷:电荷分正电荷和负电荷。电子是电荷的最小单元。物体失去或得到电子,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。电荷之间存在着相互的作用力,同性电荷相互排斥,异性电荷相互吸引。

电流:带电质点有规则地运动,这一物理现象称为电流。

电流强度:电流强度是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横截面的电量,单位为安培,简称安(A)。

电流密度:在单位横截面积上通过的电流大小,称为电流密度。单位为安/毫米²(A/mm²)。

电位:在电场中,单位正电荷从 a 点移到参考点时,电场力所做的功,称为 a 点对参考点的电位。在理论研究时,常取无限远点作为电位的参考点;在实用工程中,常取大地作为电位的参考点。电位的单位为伏(V)。

电压:将单位正电荷由 a 点移到 b 点时,电场力所做的功,称为 a 点到 b 点的电压,亦叫 a、b 两点间的电位差。电压的单位为伏(V)。

导体:带电质点能在其中自由移动的物体称为导体。各种金属、人体、各种酸碱盐的水溶液均属于导体。

绝缘体:不能导电的物体称为绝缘体,亦称电介质。如橡胶、塑料、云母、陶瓷、石蜡、纸张、油类、绝缘漆、玻璃、干木材和空气等。

半导体:导电性能介于导体与绝缘体之间的物体称为半导体。如锗、硅、硒等。

电导:表示导体传导电流的本领的物理量,称作电导,符号表示为 G ,单位为西(S)。

电导率:又叫电导系数,是表示物质导电性能的参数,单位为西每米(S/m)。

电阻:导体一方面具有导电的能力,另一方面对电流通过又会产生阻碍作用。这种阻碍电荷移动的能力称电阻。电阻值的大小与导体的长度 l 成正比,与导体的横截面积 A 成反比。此外,它还与导体的材料有关。求电阻的公式:

$$R = \rho \frac{l}{A} (\Omega)$$

式中: ρ ——导体的电阻率($\Omega \cdot m$);

l ——导体的长度(m);

A ——导体的横截面积(m^2)。

电阻率:又叫电阻系数,是表示物质导电性能的参数,单位为欧·米($\Omega \cdot m$)。电阻率的数值等于用该种物质做成的长1m,横截面积为 $1m^2$ 的导线的电阻值(在温度为 $20^\circ C$ 时)。不同的材料,电阻率也不同。材料的电阻率愈大,导电性能愈差。

电磁感应现象:当穿过闭合回路所包围的面积磁通量发生变化时,回路中就会产生电流。这种现象,叫做电磁感应现象。回路中所产生的电流叫作感应电流。

感应电动势及其方向:根据电磁感应现象,可以知道回路中出现感应电流,表明回路中有一种力量在推动电荷运动,我们称它为感应电动势。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将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,三者间存在着固定的关系,称为右手定则。方法是:伸开右手手掌,使拇指和其他四指相垂直,让磁力线从手心正向穿过,让拇指指着导体运动方向,则其他四指的指向即为感应电动势方向。右手定则亦叫发电机定则。

左手定则:把载流导体置于磁场中,则载流导体将受到力的作用。其中,磁力方向、载流导体中的电流方向、载流导体受到的作用力的方向,三者之间存在着固定的关系,称为左手定则。即:伸开左手手掌,使拇指和其他四指相垂直,让磁力线从手心正向通过,使四指指向电流的方向,则大拇指的指向即为导体运动方向。左手定则亦叫电动机定则。

电感:由于通过闭合回路(或线圈)自身的电流变化,引起穿过它本身的磁通量跟着变化而产生感应电动势的现象,叫作自感现象。穿过闭合回路(或线圈)的磁通与产生此磁通的电流之间的比值,叫作回路(或线圈)的自感系数,简称自感,通常以字母 L 表示,单位为亨(H)。

当两个线圈相互靠近,其中一个线圈中的电流变化,引起穿过另一个线圈所包围的磁通量跟着变化,而在该另一个线圈中产生感应电动势的现象,叫作互感现象。

电感这一名称,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,电感具有阻碍交

流电流通过的作用。这种作用称为感抗,其值可由下式求得:

$$X_L = 2\pi fL \quad (\Omega)$$

式中: X_L ——自感抗(Ω)

f ——电流的频率(赫兹,符号为 Hz)

L ——自感(H)

电容:表示两个分隔开的导体储存电荷的能力的一个参数,叫作电容,用字母 C 表示。容值等于导体所具有的电量与所具有电压(两导体的电位差)的比值。单位为法(F)。

容抗:当交流电流通过具有电容的电路时,电容具有阻碍交流电流通过的作用,称为容抗。其值可由下式求得:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} \quad (\Omega)$$

式中: X_c ——容抗(Ω);

f ——电流的频率(Hz);

C ——电容(F)。

阻抗:当交流电流通过具有电阻、电感、电容的电路时,它们所共同产生的阻碍交流电流通过的作用,称为阻抗。其数值可由下式求得:

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC})^2} \quad (\Omega)$$

式中: Z ——阻抗(Ω);

R ——电阻(Ω);

f ——频率(Hz);

L ——电感(H);

C ——电容(F)。

交流:大小和方向随时间作周期性变化的电流,叫交流。电动势、电压、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叫频率。用字母 f 表示,单位为赫,用字母“Hz”表示。

我国发电厂所产生的交流电,频率为 50Hz。这一频率确定为工业标准频率,简称为工频。

周期:交流电完成一次交变所需要的时间称为周期,用字母 T 表示,单位为秒(s)。

周期与频率的关系为: $f = \frac{1}{T}$, $T = \frac{1}{f}$ 。

振幅:交流电流或电压在一个周期内出现的最大值,叫做交流电流或交流电压的振幅。

相角与相角差:交流电瞬时值的表达中,正弦(或余弦)符号后面相当于角度的量,叫做交流电的相角,又叫相位、位相、周相。

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 ω 表示,单位是弧度/秒(rad/s)。

有效值:将交流电流 i 通过一个电阻,在一个交流周期内所损失的电能,若与一个直流电流 I 通过同一电阻时所损失的电能相等的话,则把该直流电流的大小,作为交流电流 i 的有效值,以 I 表示。

平均值:正弦交流的平均值,是指一个周期内绝对值的平均值,也就是正半周期内的平均值。

瞬时功率:交流电路中任一瞬间的功率,称为瞬时功率。如电压的瞬时值用 u 表示,电流的瞬时值用 i 表示,且两者的方向相同,则瞬时功率为 $p = ui$ 。

有功功率:交流电路功率在一个周期内的平均值,称为平均功率,或称有功功率,以 P 表示,单位为瓦(W)。对于正弦交流

电路, $P=UI\cos\varphi$ 。

式中: U ——电压有效值(V);

I ——电流有效值(A);

$\cos\varphi$ ——功率因数。

视在功率:具有电阻及电抗的电路中,其电压与电流有效值的乘积,称为视在功率。以字母 S 表示,单位为伏·安(V·A)。
 $S=UI(V\cdot A)$ 。

式中: U ——电压有效值(V);

I ——电流有效值(A)。

功率因数:有功功率与视在功率的比值,称作功率因数,通常以 $\cos\varphi$ 表示。 φ 角称为功率因数角。

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$

式中 P ——有功功率(即平均功率);

S ——视在功率。

由于平均功率是小于或等于视在功率的,所以功率因数($\cos\varphi$)的数值在 0 至 1 之间。

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储存起来,而在另半个周期里又把能量送还电源,这样周而复始,只是与电源交换能量,并不真正消耗能量,为了电工计算上的需要,将这个与电源交换能量的速率的振幅值,称为无功功率,并以字母 Q 表示,单位为伏·安(V·A)。

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。

相电压:三相电源中,任一根火线与中性线之间的电压,叫做相电压。