

机关事业单位工人
培训考核教材

技术业务理论 电工

河北省人事厅 编

河北教育出版社

主 编：赵继春

副 主 编：王文邦 吴 辉 张栓林 刘远星

编审人员：刘志刚 郝桂彦 齐培彬 袁明志 郑东花 郑建光

张树强 梁 皓 袁军华

编写人员：刘远星 黄永川 马永杰 康秀娟 宿金婕 张会彦

刘淑华 陈 磊 姜 光 刘 烨 赵军艳

五除將游諸跟勢大才壽想，**前言**，只不，敢將婚本，別恨平水諸驚子由

前言

机关事业单位技术工人是我国社会主义建设中一支非常重要的队伍,对机关事业单位的工作起着重要的服务和保障作用。多年来,他们以优良的工作作风为机关事业单位各项工作的顺利开展作出了积极的贡献。开展机关事业单位工人培训考核工作是适应我国人事制度改革和加强技能型人才培养的重要内容,是提高机关服务效能,规范工人队伍管理的必要举措,是培养广大工人爱岗敬业、钻研知识、提高能力、勇于奉献的有效途径。随着经济社会的快速发展,科学技术日新月异,我国的经济建设正面临着前所未有的机遇和挑战,培养一支高素质的工人队伍是时代进步的需要、科学发展的需要、社会和谐的需要。

为方便对机关事业单位技术工人培训考核工作的需要,我们组织有关专业技术人员和专家编写了机关事业单位工人培训考核教材《技术业务理论》。

本书考虑到技术工人培训与考核的特点和规律,以精炼为原则,坚持理论联系实际,突出实用性和针对性,范围涵盖了初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个层次,内容选择以《维修电工》国家职业标准为准,紧密结合岗位需要,侧重岗位常用的理论知识和实际操作技能,注意常用技术、工艺和参数的呈现,体现够用、实用、好用和工具性的要求,并适当体现前瞻性。内容编写由浅入深,体现循序渐进原则,采取理论介绍与技能训练相结合的一体化模式,适用于机关事业单位电工的技术等级(职务)岗位培训与考核,是机关事业单位工人自学和培训的理想用书。

参加本教材编写的人员还有:胡怀良、王玉文、张军亮、张新胜、张超、郝占岭、赵晶、颜雨田、孙月坤、张建恒、石少君、张永良、齐云生、刘凤明、付清华、祁春芳、付文平、张双余、郝英杰、酒成林、刘晓莲、高苗、赵榕民、秦国库、刘劲松、苏振起、李海

目 录

第一篇 初 级 工

第一章 考核标准	(1)
第二章 基础知识	(2)
第一节 交直流电路知识	(2)
第二节 电磁知识	(4)
第三节 电工识图基本知识	(6)
第三章 专业知识	(9)
第一节 常用电工仪表与测量知识	(9)
第二节 常用电工工具及量具知识	(10)
第三节 常用电工材料知识	(10)
第四节 电机与变压器知识	(11)
第五节 低压电器与电力拖动知识	(14)
第六节 晶体管及应用知识	(19)
第七节 安全用电知识	(24)
第四章 操作技能	(25)
思考题	(28)

第二篇 中 级 工

第一章 考核标准	(33)
第二章 基础知识	(34)
第一节 复杂直流电路	(34)
第二节 磁性材料与磁路	(35)
第三节 交流电路知识	(36)
第四节 三相交流电路	(37)
第五节 电工仪表与测量知识	(38)
第三章 专业知识	(40)
第一节 变压器知识	(40)
第二节 电机知识	(42)
第三节 电力拖动知识	(47)
第四节 晶体管电路知识	(51)
第五节 安全用电知识	(57)
第四章 操作技能	(59)
思考题	(63)

第三篇 高 级 工

第一章 考核标准	(67)
第二章 基础知识	(68)
第一节 可控整流电路	(68)

第二节 电工仪表与测量知识	(70)
第三章 专业知识	(71)
第一节 电子电路知识	(71)
第二节 电机知识	(77)
第三节 电力拖动知识	(79)
第四节 自动控制基础知识	(82)
第五节 电力运行基础知识	(85)
第六节 变压器	(86)
第四章 操作技能	(87)
思考题	(90)

第四篇 技 师

第一章 考核标准	(93)
第二章 基础知识	(94)
第一节 磁路与磁路欧姆定律	(94)
第二节 电子知识	(95)
第三节 电工测量知识	(100)
第三章 专业知识	(105)
第一节 特种电机	(105)
第二节 拖动与自控	(108)
第三节 可编程序控制器的编程	(115)
第四节 变频器	(122)
第五节 电力电子器件	(129)
第六节 技术论文的撰写	(130)
第四章 操作技能	(131)
思考题	(138)

第五篇 高级技师

第一章 考核标准	(141)
第二章 基础知识	(142)
第一节 电工知识	(142)
第二节 时序逻辑电路	(144)
第三节 传感器	(145)
第三章 专业知识	(149)
第一节 拖动与自控	(149)
第二节 晶闸管交流技术	(153)
第三节 数控机床	(160)
第四节 可编程序控制器的编程	(163)
第五节 单片机	(168)
第六节 先进技术介绍	(181)
第七节 测绘知识	(184)
第八节 技术论文的撰写	(187)
第四章 操作技能	(188)
思考题	(194)

第一篇 初 级 工

第一章 考核标准

一、理论要求

1. 掌握交直流电路中的基本物理量及相关计算。
2. 掌握电磁基本知识及磁场中的基本物理量和相关计算。
3. 了解电气图的分类,掌握电气符号的含义及用法。
4. 初步掌握电气图的基本表示方法。
5. 了解电工测量及电工仪表的基本概念。
6. 了解常用电工仪表分类方法、型号及标志符号。
7. 了解常用电工工具、量具、材料种类、规格及用途。
8. 了解电机常用轴承及润滑脂基本知识。
9. 掌握交直流电流表电压表、万用表、电度表的使用及维护知识。
10. 掌握电流及电压互感器的使用注意事项。
11. 掌握变压器的作用、分类及用途。
12. 掌握变压器的基本结构及工作原理。
13. 了解变压器铭牌数据的含义。
14. 了解变压器绕组分类及绕制。
15. 掌握常用交流电动机的种类和用途。
16. 了解常用直流电机的名称、种类和结构。
17. 掌握常用交流电动机的构造和原理。
18. 了解电动机铭牌数据的含义。
19. 掌握中小型交流电动机绕组的分类。
20. 了解单相异步电动机的结构与原理及其绕组。
21. 掌握常用低压电器的结构、原理及应用。
22. 掌握简单三相异步电动机控制线路原理。
23. 掌握简单机床控制线路原理。
24. 掌握晶体二极管的结构、型号、特性、主要参数。
25. 掌握晶体三极管的结构、型号、特性、主要参数。
26. 了解稳压二极管的特性。
27. 掌握简单滤波及稳压电路的工作原理。
28. 掌握放大电路的简单分析。
29. 掌握电工基本安全知识。
30. 了解文明生产知识。

二、技能要求

1. 正确使用电工常用工具及量具。
2. 正确地完成烙铁钎焊基本操作。
3. 正确使用及维护简单常用电工仪表。

4. 正确安装及检修简单照明电路及简单机床控制线路。
5. 掌握一般电子元器件的测试方法及简单模拟电子线路的安装和调试
6. 熟练完成一些简单电工基本操作,例如:导线连接、登高作业等。
7. 掌握小型交流电动机的拆卸和装配工艺流程。
8. 掌握常用低压电器的拆装及检修方法。
9. 掌握手工电弧焊的简单操作方法。
10. 掌握钳工简单操作方法及要领。

第二章 基础知识

第一节 交直流电路知识

一、电流

大量电荷有规则的移动称为电流。电流的方向规定为正电荷移动的方向。在单电源回路中,电流从电源正极出发经外电路回到电源负极;在电源内部电流从负极流向正极。内外电路形成闭合回路。电流的大小用电流强度来衡量。其定义为单位时间内通过导体横截面积的电量。字母 I 表示电流强度, I 的单位为安培(A)。

二、电阻

导体对电流的阻碍作用,称为电阻,用 R 表之,其国际单位为欧姆(Ω)。导体的电阻的大小与导体长度成正比,与横截面积成反比,还与材料的导电性能有关。除欧姆外,电阻的实用单位还有千欧(K Ω)、兆欧(M Ω)。

三、电感

电感又称自感或自感系数,其大小决定于线圈本身的结构(如尺寸、形状、匝数)和周围介质的磁导率。电感反映了线圈产生自感电动势的能力。电感用 L 表示,其国际单位为亨,除亨外,实用单位有毫亨(mH)和微亨(μ H)。

四、电容

存储电荷的装置称为电容器。两个相隔很近的导体中间用绝缘体隔开,每个导体上引出一个电极就构成了电容器,每个导体称为电容器的一个极板。 C 表示电容器的电容量,其单位为法拉(F)。法拉单位太大,实用单位有微法(μ F)和皮法(PF)。

五、电位、电压和电动势

(一) 电位

电场中某一点的电位,指在数值上等于单位正电荷沿着任意路径由该点处移动到无穷远处电场力所做的功,其单位为伏特,用 V 表示。电场中电位等于零的点称为电位的参考点。电位高于参考点的,其电位均为正;电位低于参考点的其电位均为负。通常以大地为电位的参考点。

(二) 电压

电路中任意两点电位之差称为该两点处的电压,用 U 表示,其单位也是伏特。例如电路中 a, b 两点的电压可表示为 $U_{ab} = V_a - V_b$ 电压的方向规定为由高电位指向低电位,用“+”、“-”号或用带箭头的细实线表示,除伏特外,电压的实用单位有千伏(KV)、毫伏(mV)和微伏(μ V)。

(三) 电动势

电源把单位正电荷从负极经内电路移动到正极所做的功称为电源的电动势,用 E 表示,单位为伏特(V)。电动势的方向由电源负极指向正极,即指向电位升高的方向。

六、欧姆定律

(一) 部分电路欧姆定律

流过用电器的电流 I 与用电器两端的电压 U 成正比,与用电器本身电阻 R 成反比。其数学式为 $I = U/R$,其中 U 的单位为伏特(V); R 的单位为欧姆(Ω); I 的单位为安培(A)。

精确(二)全电路欧姆定律 串联电路中,电流处处相等,电压分配与电阻成正比,小电阻中电流分配与电阻成反比,即 $I = \frac{E}{R + r}$

含有电源和负载的闭合回路称为全电路。全电路的欧姆定律为:全电路中的电流 I 与电动势 E 成正比,与总电阻 $R + r$ 成反比,即 $I = E / (R + r)$ 也可写成 $E = IR + Ir = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$ 其中 $U_{\text{外}} = IR$ 称为电源的端电压 $U_{\text{内}} = Ir$ 称为内电压或 $U_{\text{外}} = E - Ir$ 。

(1) 当 $R = 0$, 此时称为短路, 电流直接从电源正极回到电源负极, 电流大小为 $I = E / r$, 由于 r 很小, 所以 I 很大, 可达到正常工作时的几十到几百倍, 很可能造成事故, 在电力运行中应绝对避免。

(2) 通路状态, 负载电阻 R 为有限值, 由 $U_{\text{外}} = E - Ir$ 知当 R 由小变大时, $U_{\text{外}}$ 也逐渐变大, 且内阻 r 越小, $U_{\text{外}}$ 就越稳定。

(3) 断路状态, 当 R 为无穷大, 即外电路断开时称断路状态。此时 $I = 0$, $U_{\text{内}} = Ir = 0$, $U_{\text{外}} = E$ 。

七、电功和电功率

(一) 电功

电流流过用电器所做的功称为电功。电流做功的本质是把电能转换成其他形式的能。例如电灯把电能转换为光能; 电动机把电能转换为机械能; 电炉把电能转换为热能等。电功用 W 表示, 在国际单位制中, $W = UIt$ 。其中 W ——电功(J); t ——通电时间(S)。

(二) 电功率

电流单位时间内所做的功称为电功率, 用字母 P 表示 $P = W / t = UI$ 的国际单位为瓦特(W), 常用单位有千瓦(KW)、毫瓦(mW)和马力。 $1KW = 10^3W$ $1mW = 10^{-3}W$ 马力 = 735W。

电功的单位常用千瓦时(KWh)表示, 功率为1KW的用电器通电1小时所消耗的电能即为1千瓦时, 俗称1度电。 $1度电 = 3.6 \times 10^6$ 焦耳。

(三) 电流的热效应

电流通过导体使导体发热的现象称电流的热效应。实验证明, 电流通过导体产生的热量与电流的平方成正比, 与电阻成正比, 与通电时间成正比。在国际单位制中, 其表达式为: $Q = I^2 Rt$ 其中 Q 为电热, 单位为焦耳(J)。

(四) 电气设备的额定值

电气设备安全工作时所允许的最高电压、最大电流和最大功率称为电气设备的额定值。分别称为额定电压、额定电流和额定功率。用 U_N 或 $U_{\text{额}}$, I_N 或 $I_{\text{额}}$, P_N 或 $P_{\text{额}}$ 来表示。电气设备在其额定值下工作称为额定工作状态; 低于额定值的工作状态称为轻载, 此时效率会降低; 高于额定工作状态时称为过载。过载时电流过大, 产生的电热将损坏电气设备或使其寿命缩短。

八、电阻的串联

若干个电阻依次相连, 中间无分支, 使电流只有一条通路, 称为电阻的串联。串联电路有以下性质: 流过每一个电阻的电流相等。总电压等于各个电阻两端电压之和。总电阻等于各个电阻之和; 电压的分配与电阻成正比; 电功率的分配与电阻成正比。

九、电阻的并联

若干个电阻的一端联在一点, 另一端也联在一点使各电阻承受相同的电压, 并联电路的性质: 各电阻两端电压相等。总电流等于各个电阻上电流之和。等效电阻的倒数等于各个电阻倒数之和; 电流的分配与电阻成反比; 电功率的分配与电阻成反比。

十、正弦交流电

方向不变的电流称为直流电。大小和方向都不变的电流称为稳恒电流。大小和方向随时间作周期性变化的电流称为交流电。交流电中按正弦规律变化的电流称为正弦交流电。

(一) 正弦交流电的瞬时值、最大值、有效值、平均值

1. 交流电的瞬时值、最大值 交流电的大小是随时间变化的, 不同的时刻对应不同的数值, 我们把交流电在某一时刻的大小称为该时刻交流电的瞬时值, 用小写字母 e, u, i 来表示。例如: $e = E_m \sin(\omega t + \varphi)$ 瞬时值中最大的称为最大值, E_m, U_m, I_m 分别为电动势、电压、电流的最大值。

2. 交流电的有效值

交流电每一时刻的值不同, 难以取某一瞬时值作为大小标准, 所以用交流电在一定时间内整体做功多少来衡量交流电的大小。当交流电流和直流电流分别通过阻值相同的电阻时, 若在相等的时间内, 两个电阻产生的热量相等, 则把直流电的数值称为交流电的有效值。有效值与最大值之间关系为 $E = 0.707E_m$ $U = 0.707U_m$ $I = 0.707I_m$

$=0.707I_m$ 我们平时所说交流电的大小,电工仪表上显示的电压、电流数值及交流电器铭牌上所标电压、电流都是指有效值。

3. 交流电的平均值
交流电的平均值指半个周期的平均值。用大写字母加脚标来表示。 $E_{av} = 0.637E_m$ $U_{av} = 0.637U_m$ $I_{av} = 0.637I_m$ 。

交流电的最大值、有效值和平均值反映了正弦交流电的大小。

(二) 正弦交流电的周期、频率和角频率

1. 周期:交流电重复变化一次所用时间,用 T 表示。单位为秒(S)。常用单位有毫秒(ms)和微秒(μ s)。
2. 频率:指1秒钟内交流电变化的次数,用 f 表示,单位为 H_z ,常用单位有 KH_z 和 MH_z 。 $T = 1/f$ 。
3. 角频率:指交流电每秒钟变化的弧度数,用 ω 表示,单位为弧度/秒(rad/s)。由于交流电一个周期内变化 2π 个弧度,故有: $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$ 交流电的周期,频率和角频率反映了交流电变化的快慢。

(三) 初相
交流电 $t=0$ 时的相位称为初相,用 φ 表示,单位为弧度或度。规定初相在 $-180^\circ \sim 180^\circ$ 之间变化,例如若初相为 -240° 则可化为 $-240^\circ + 360^\circ = 120^\circ$ 也就是初相为 120° 。初相决定了 $t=0$ 时交流电的大小和方向。我们把交流电的最大值、角频率和初相称为交流电的三要素。

第二节 电磁知识

一、磁场基本知识

(一) 磁现象

磁铁有吸引铁类物质(铁、镍、钴及其合金)的性质,称之为磁性。具有磁性的物体称为磁体。磁体分天然和人造两大类。常见的人造磁体有条形、蹄形和针形等。磁体上磁性最强的部位在磁体的两端,称为磁极。任何磁体无论大小,也无论如何分割,都具有两个磁极:N极和S极,也叫北极和南极。磁极间的相互作用力称为磁力,其作用规律是同极相斥,异极相吸。

(二) 磁场和磁场线
磁体间力的作用是通过磁体周围产生的磁场进行的,磁场不仅有力的性质,同时也具有能量。磁场不仅有强弱,而且有方向。空间中任意一点处磁场的方向,规定为自由磁针静止时N极的指向。为了形象地描述磁场的空间分布,引进一组假想的曲线,称为磁场线,磁场线有以下性质:

1. 磁场线是互不交叉的闭合曲线,在磁体外部由N极出发回到S极;在磁体内部由S极回到N极。
 2. 磁场线上任意一点的切线方向,表示该点处的磁场方向,即自由磁针静止时N极的指向。
 3. 磁场线的疏密表示磁场的强弱,某处磁场线密表示该处磁场强,磁场线疏则表示该处磁场弱。
- 若在空间中某一区域,磁场线均匀分布且方向一致,则称该区域为匀强磁场。

二、电流的磁场

电流的周围存在着磁场,称为电流的磁效应。电流产生的磁场的方向可用右手定则(又叫安培定则)来判定。

(一) 长直电流产生的磁场

用右手握住导线,拇指的指向与电流方向一致,四指的环绕方向即为磁场方向。可见长直电流产生的磁场其磁场线是以导线上各点为中心的一系列同心圆,这些同心圆都在和电流垂直的平面系列上。

(二) 通电线圈的磁场

线圈又叫螺线管。线圈通电后产生磁场,其方向可用右手定则来判定。右手握住螺线管,弯曲的四指表示电流方向,大拇指的指向即为线圈内部磁场线的方向。可见通电线圈相当于一个磁体,右手定则中大拇指的指向是该磁体N极。

三、磁场的几个基本物理量

(一) 磁通

通过与磁场方向垂直的某一面积上的磁场线总数,叫做通过该面积的磁通量,简称磁通,用字母 Φ 表示,它的国际单位是韦伯(Wb)。当面积一定时,通过该面积的磁通越多,磁场就越强。

(二) 磁感应强度

垂直通过单位面积的磁场线的数目,叫做该处的磁感应强度,用 B 表示。在均匀磁场中, $B = \Phi/S$ 。

在国际单位中,即 Φ 的单位用韦伯, S 的单位用平方米时, B 的单位是特斯拉(T)。磁感应强度不但表示了磁场中某点的强弱,而且还表示出该点磁场的方向。因此,磁感应强度是个矢量。磁场线上某点的切线方向,就是该点处磁感应强度的方向。在均匀磁场中 B 的大小和方向都不变。

(三) 磁导率

为了表征物质的导磁性能,我们引入磁导率(导磁系数)这个物理量,用字母 μ 表示,单位是亨利/米(H/m)。真空中的磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ 。为了比较物质的导磁性能,我们把任一物质的磁导率 μ 与真空中的磁导率 μ_0 的比值称作相对磁导率,用 μ_r 表示, $\mu_r = \mu/\mu_0$ 。 $\mu_r > 1$ 的物质叫铁磁物质。如铁、钴、镍及其合金等。

(四) 磁场强度

磁场中某点处的磁感应强度 B 与媒介质的磁导率 μ 的比值,叫做该点处的磁场强度,用 H 表示。即 $H = B/\mu$ 。

或 $H = NI/L$ 公式表明,磁场强度的数值只与电流的大小及线圈的形状有关,而与磁场媒介质的磁导率无关。磁场强度的国际单位为安/米(A/m)。磁场强度也是矢量,在均匀介质中,它的方向与磁感应强度方向一致。

四、磁场对电流的作用

磁场对通电导体有力的作用,我们把这种力称为电磁力。通电导体受磁场的作用力的大小,除与电流强度 I 、导体在磁场中的有效长度 L 和导体所在处的磁感应强度 B 有关外,还与电流方向和磁感应强度方向有关。当电流方向与磁感应强度方向垂直时,通电导体受力最大;当电流方向与磁感应方向平行时,导体不受力;当电流方向与磁感应强度方向夹角 α 时,导体所受力为 $F = BIL\sin\alpha$,载流直导体在磁场中受力方向,可用左手定则来判定:平伸左手,拇指与四指垂直,手心迎着磁场线,四指指向电流方向,则拇指指向即为导体受力方向。

五、电磁感应现象

当导体相对于磁场运动而切割磁场线或者线圈中的磁通发生变化时,导体或线圈中都会产生感应电动势。若导体或线圈构成闭合回路,则导体或线圈中同时产生电流。这种现象称为电磁感应现象。由电磁感应而产生的电动势叫感应电动势,由此而产生的电流叫感应电流。电磁感应的本质是穿过回路的磁通量发生变化,即导体中的电动势、电流是由于磁通的变化引起的。

实验表明:线圈中感应电动势的大小与线圈中磁通变化率成正比。这一规律叫法拉第电磁感应定律。

对于 N 匝线圈,其感应电动势为

$$e = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

公式表明线圈中感应电动势的大小,决定于线圈中磁通的变化率,而不是线圈中磁通本身的大小。若 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0$,即使线圈中磁通再大,也不会产生感应电动势。从上式可推导出,直导体切割磁场线而产生感应电动势的大小为:

$$e = BLV\sin\alpha$$

式中 B 为磁场中的磁感应强度(T); L 为导体在磁场中的有效长度(m); V 为导体的运动速度(m/s); α 为导体运动方向与磁场线方向的夹角。

导体切割磁场线产生的电动势的方向用右手定则来判断:平伸右手,让拇指与四指垂直,手心迎着磁场线,拇指指向运动方向,四指的指向即为导体中感应电动势的方向。

六、楞次定律

楞次定律是用来确定线圈中感应电动势方向的,其内容为:感应电流的磁场,总是阻碍原来磁场的变化。具体地说,当线圈中磁通增强时,感应电流就产生和原磁通方向相反的磁通,阻碍原磁通的增强;当线圈中磁通减少时,感应电流就产生和原磁通方向相同的磁通,阻碍原磁通的减少。

综上所述,用楞次定律判断线圈中感应电流的方向可分为三步:

1. 确定原磁通的方向及变化趋势(增强还是减弱)。
2. 确定感应电流产生的磁通方向,若原磁通增强,则感应电流磁通与原磁通方向相反;若原磁通在减小,则感应电流的磁通与原磁通方向相同。
3. 根据感应电流的磁通方向,用右手螺旋定则,确定感应电流方向。

七、自感和自感电动势

由于流过线圈本身的电流发生变化而引起的电磁感应叫自感应,简称自感。由自感现象产生的电动势称作自感电动势,用 e_L 表示。 $e_L = L \left| \frac{\Delta i}{\Delta t} \right|$ 式中, $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ 称为电流的变化率, L 是线圈的电感量,单位为亨(H)。公式表明,线圈的自感电动势 e_L 与线圈的电感 L 和线圈中电流的变化率的乘积成正比。当线圈的电感量一定时,线圈中电流变化越快,自感电动势越大;反之则越小;当线圈电流恒定时自感电动势为零。若电流的变化率一定,则 L 大的线圈产生的自感电动势大。因此电感量 L 反映了线圈产生自感电动势的能力。自感电动势的方向可用楞次定律来判断。即自感电动势的方向总是和原电流变化的趋势相反。具体地说就是,当原电流增大时,自感电动势的方向和原电流方向相反;当原电流减小时,自感电动势的方向和原电流方向相同。

八、互感和互感电动势

如果将两个线圈放在一起,在其中一个线圈中通入电流,而另一个线圈中由于电磁感应作用而产生感应电动势。这种由于一个线圈内电流的变化,而在另一个线圈内产生电磁感应的现象称为互感。由互感现象引起的电动势叫互感电动势。互感电动势的大小

$$e_{M2} = M \left| \frac{\Delta i_1}{\Delta t} \right|$$

式中 e_{M2} 为第二个线圈内产生的互感电动势(V); $\frac{\Delta i_1}{\Delta t}$ 为第一个线圈内电流的变化率; M 为互感系数,单位为亨(H)。互感系数 M (简称互感)与两个线圈的匝数、几何形状、相对位置及周围介质等因素有关。其大小反映了一个线圈在另一个线圈中产生互感电动势的能力。

九、互感线圈的同名端

互感电动势的方向不仅决定于互感磁通的变化趋势,而且还与线圈绕向有关,用楞次定律判断比较复杂。特别是大多数成品线圈,如互感器、变压器绕组,从外观上无法辨认其绕向,而且在电路原理图中,也不可能绘出线圈的实际结构。因此常用“·”来表示线圈的绕向,有时也用“+”或“-”来表示。由于线圈绕向一致而感应电动势的极性一致的端点称为同名端,反之叫异名端。

十、涡流

当成块的导体放在变化的磁场中,导体内将产生感应电流。这种电流在导体内自成闭合回路,犹如水的漩涡一样,故称涡流,由于成块导体电阻很小,所以涡流很强,使成块导体大量发热,电能造成很大浪费。为了减少涡流损耗,降低电器工作温度,电机、变压器、交流电磁铁等采用涂有绝缘漆的薄硅钢片叠制成其铁芯,以增大铁芯电阻降低涡流。涡流也有有利的方面,如电气测量仪表利用涡流起阻尼作用,使工作状态稳定;又如高频感应炉利用涡流熔化冶炼金属。

第三节 电工识图基本知识

一、电气图的构成

电气图一般由电路接线图、技术说明、主要设备、元器件明细表和标题栏四部分组成。

(一) 电路图

用国家规定的电气图形符号和文字符号表示电路中的电气设备或元器件联接顺序的图形称为电路图。电路图分为主电路图和副电路图两类,也叫一次回路图和二次回路图。主电路图是电源向负载供电的电路图,包括发、输、变、配、用等部分。副电路图是电路的控制、保护、测量、指示等电路的电路图,它一般包括开关、继电器、测量仪表、指示灯、灯光信号等设备的连接关系图。

(二) 技术说明

技术说明或技术要求,用来说明电气接线图中有关要点、安装要求及未尽事项等。技术说明一般标注在主电路图右下方,标题栏上方。若是副电路图,则标在图面的右上方。

(三) 主要电气设备、元器件明细表

用来注明电气线路图中涉及到的主要电气设备、元器件的名称、代号、型号、规格、数量等。是订货、安装的重要依据。

(四) 标题栏

标题栏在图面的右下角,用来注明电气工程名称、设计类别、设计单位、图名、图号、比例、尺寸单位、设计人、制图人、审核人、批准人等。

二、电气图的分类

按照表达方式和用途的不同,电气图可分为以下几种。

(一) 系统图或框图 用符号或带注释的框概略表示系统或分系统的基本组成、相互关系及主要特点的一种简图。

(二) 电路图

又称电气原理图或原理接线图,是用图形符号并按工作顺序排列,详细表明电路、设备、元器件的联接关系,但并不表明其实际位置的一种简图。其用途是表达电路的组成、联接顺序、工作原理,帮助电工人员分析和计算电路特性。

(三) 功能图

表示理论的或理想的电路而不涉及实现方法的图。其作用是为绘制电路图提供依据。

(四) 接线图或接线表

表示装置、设备、元件的连接关系,用来进行安装、接线、检查的一种简图或表格。

(五) 逻辑图

主要用二进制逻辑单元图形符号绘制的一种简图。一般的数字电路就属于这种图。

(六) 等效电路图 表示理论的或理想的元件(R 、 L 、 C 、 X)及其连接关系的一种功能图。用来分析电路的性质和状态。

(七) 程序图

详细表示程序单元和程序片及其连接关系的一种简图。其用途是帮助对程序运行的理解,常见的计算机程序图就属于这种图。

另外还有功能表图、端子功能图、设备、元件表、数据单、位置图等,请读者参阅有关书籍。

三、电气图的主要特点

(一) 简图是电气图的主要表现形式

电气图的主要作用是说明电路的工作原理,描述产品的构成和功能,提供安装、调试、检测、使用、维修等所需信息。一般说来它并不需要准确地表达实物的形状、结构、尺寸、位置等,所以大部分电工用图都是简图。

(二) 元件和连接线是电气图的主要表达内容

我们知道电路由电源、负载、控制元件和导线连接而成,若把电源、负载和控制元件都看成是元件,那么各种元件和连接线就构成了电路,所以在各种电路的电气图中,元件和连接线成为主要的表达内容。

(三) 图形符号、文字符号是组成电气图的主要要素

电气图大多用简图表示,而简图主要是用国家标准规定的图形符号和文字符号表达绘制出来的,所以图形符号和文字符号是电气图的主要组成部分和表达要素。

(四) 电气图中的元件都是按常态绘制的

电气图中的元器件和设备的可动部分表示为未通电,不受外力或不工作的状态或位置。具体来说就是:继电器和接触器线圈未得电,各触头处于原始位置;事故、备用、报警等开关在设备或电路在正常使用或正常工作状态位置;限位开关在非工作状态或位置等。

四、电气符号

电气符号包括图形符号、文字符号和回路标号三种。所有电气图都是用这些电气符号表示其构成和工作原理的。因此必须明白电气符号的含义和使用方法。

(一) 图形符号

表示一个设备、元件或一个概念的图形、标记或字符,统称为图形符号。图形符号由基本符号、一般符号、符号要素和限定符号等组成。

(二) 文字符号

用来标明电气设备和元件的名称、功能、状态及特征。文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号两类,基本文字符号又分为单字母符号和双字母符号。

(三) 回路标号

电路图中用来表示各回路的种类和特征的文字符号和数字标号,统称回路标号。

在二次回路中,除电气设备、元件、线路标注文字符号外,其他只标注回路标号。

五、项目代号

在图上通常用一个图形符号表示的基本元件、部件、组件、功能单元、系统等称为项目。项目的大小可能相差很大,小至电阻器、电容器、端子、连接片等,大至发电机、成套配电装置、电力系统都可称为项目。用来识别图、表图、表格中和设备上的项目种类,并提供项目的层次关系、实际位置等信息的一种特定代码,称为项目代号。项目代号是由拉丁字母、阿拉伯数字、前缀符号按照一定规则组合而成的代码。一个完整的项目代号含有四个代号段。

(一) 种类代号

用以识别种类的代称为种类代号,种类代号段是项目代号的核心部分。种类代号段有三种表达方法:

1. 由字母代码和数字组成,其中的字母代码为规定的文字符号(单字母、双字母、辅助字母符号,一般为单字母)。

2. 用顺序数字表示图的各个项目,给图中每一个项目规定一个统一的数字序号,同时将这些顺序数字和它所代表的项目排列于图中或说明中。

3. 将不同类的项目分组编号。

(二) 高层代号

系统或设备中任何较高层次项目的代号,称为高层代号。例如某电力系统中一个变电所的项目代号中,电力系统的代号可称为高层代号;若此变电所中一个变压器的项目代号,变电所的代号可称为高层代号。所以高层代号具有该项目总代号的含义,其命名是相对的。

(三) 位置代号

项目在组件、设备、系统或建筑物中的实际位置的代号,称为位置代号。位置代号通常由自行规定的拉丁字母或数字组成。在使用位置代号时,应给出表示该项目位置的示意图。

(四) 端子代号

当项目具有接线端子标记时,项目代号有端子代号段。为简便起见,端子代号只与种类代号组合便可。端子代号可采用数字或大写字母,由使用者自定。

(五) 项目代号的应用

项目代号是用来识别项目的特定代码,由代号段组成。一个项目可以由一个代号段组成,也可由几个代号段组成。种类代号可单独表示一个项目,而其余大多与种类代号组合起来,才能较完整地表示一个项目。

六、电气识图的基本步骤

电气图种类较多,不同类别的电气图识读的内容和步骤不尽相同。下面把电气图类别分为两种情况,分别叙述。

(一) 供配电系统项目识图的基本步骤

1. 首先看图样说明,包括图样目录,技术说明,元件、设备、材料明细表,设计、施工说明书等。对项目的设计内容和总体要求有一个大致的了解。然后看各有关电气图。读图的顺序一般是从标题栏、技术说明到图形、元件明细表,从电源到负载,从主电路到副电路,从回路到元件,从上到下,从左到右。

2. 读电气原理图 读电气原理图时要分清主电路和副电路、交流电路和直流电路,按先主电路后副电路的顺序读图。

3. 看安装接线图 同样先看主电路,再看副电路。看主电路时,从电源引入端开始,顺序经开关、线路到负载;看副电路时,从电源一端到另一端按元件连接顺序读图。读图时,注意对各回路标号、端子板上内外电路的连接进行分析。

(二) 其他类别读图基本步骤

其他类别的电气图,如电力拖动、电子电路图的识读与上述步骤大同小异。

1. 看标题栏和技术说明,对图的类型、作用、表达内容有个明确印象,了解该图的设计要点,安装要求等。

2. 看电气图形,这是识图的中心内容。看懂该图的组成、各部分的功能、工作原理、能量流或信息流的方向及各元件及其连接顺序。对图中所表达的电路功能、工作原理有较深入的了解。要根据绘制电路图的规则,看该图的布局、主要元器件图形的布置、各项目代号的相互关系。按主电路、副电路各单元进行分析,分析各电路单元的功能及单元与单元之间的联系。或按能量流、信息流的流向逐级分析,如从电源到负载,从信号输入

到信号输出等。或按布局,从主到次、从上到下、从左到右逐步分析。

以上粗略地介绍了读图的一般方法和步骤,由于电气图的多样性、复杂性,上述方法和步骤不一定适用于某些电气图。读者要在读图实践中积累经验、加深体会,提高识图能力和水平。

第三章 专业知识

第一节 常用电工仪表与测量知识

一、电工测量及电工仪表基本概念

1. 电工测量是指将被测的电量、磁量或电参数与同类标准电量进行比较,从而确定被测量大小的过程。
2. 电工测量仪表是指用来测量各种电量、磁量及电参数的仪器。
3. 在进行电工测量时,要根据测量对象正确选择和使用电工仪表,还必须采取合理的测量方法。

二、常用电工仪表的分类

1. 指示类仪表:是将被测量转换成仪表可动部分偏转角,通过指示器直接显示被测量大小。
2. 比较类仪表:是将被测量与同类标准电量进行比较,根据比较结果来确定被测量大小。
3. 数字式仪表:是采用数字测量技术,以数码的形式直接显示被测量大小。

三、常用电工仪表型号和标志符号

1. 电工仪表型号编制常分为安装式和便携式两种方式,安装式仪表型号前两位数字为形状代号,分别表示面板形状最大尺寸和仪表的外壳尺寸;第三位字母表示系列号,例如:*C*表示磁电系、*T*表示电磁系、*D*表示电动系、*L*表示整流系等;第四位数字表示设计序号;第五位字母表示用途号。例如:44C2—V表示一块设计序号为2的安装式磁电系电压表;便携式仪表型号中无形状代号,其他部分与安装式相同。例如:T19—A表示设计序号为19的便携式电磁系电流表。

2. 电工仪表的标志符号表示了电工仪表的不同技术特性,并标注在仪表面板上

四、常用电工仪器仪表使用及维护

(一)电流表和电压表

1. 电流表:用来测量线路中电流大小,分交直流两种,电流表应串联接入被测线路,其内阻很小。使用直流电流表时,应注意极性,以免指针反偏损坏仪表。常用有磁电系直流电流表和电磁系交流电流表。
2. 电压表:用来测量电路中两点电压,分交直流两种,电压表应与被测线路并联,其内阻很大。使用直流电压表时,也应注意极性,避免指针反偏。常用有磁电系直流电压表和电磁系交流电压表。

(二)万用表

1. 基本概念:是一种多量限、多量程的仪表,主要由磁电系表头、测量线路和能量程转换开关组成。电压灵敏度(欧/伏)是其主要参数之一,电压灵敏度越高,其电压档内阻越大,对被测电路影响越小,从而测量准确度越高。

2. 正确使用:

- (1)使用前要机械调零,测电阻前还要进行欧姆调零。
- (2)使用时红表笔与“+”极性孔相连,它是接表头正极、表内电源负极;黑表笔与“-”极性孔相连,它是接表头负极、表内电源正极。测直流量时要注意表头极性,以免指针反偏,测晶体管时要注意电源极性。
- (3)测量前要选择好正确的测量种类和合适量程,不能确定被测量大小范围时应从最高量程递减,直至合适。测电流电压时,所选量程应使仪表指针处在标尺三分之二以上位置为宜;测电阻时,最好是指针处在标尺中间位置,这样可减小测量误差。
- (4)万用表有多条标尺,一定要在相应标尺上读数,同时注意标尺读数与量程的配合。
- (5)测量完毕,应将转换开关置于空档或交流电压最高档,以防下次测量由于疏忽损坏万用表。
- (6)注意:测量大电流及高电压时,操作人员不得接触万用表金属裸露部分,以免触电;不能用电流档测电压,会造成仪表损坏;测电流及电压时,不能带电转动转换开关,以免烧表;不能在被测电阻带电情况下直接测

量其电阻值。

(三) 电度表

1. 基本概念:是用来测量电能的专用仪表。主要有驱动、转动、制动和计度器四部分构成;分为单相、三相有功和三相无功三种类型。
2. 主要技术特性:包括准确度、灵敏度和潜动三个方面,有功电度表准确度分1.0和2.0级两种。
3. 量程选择:电度表额定电压应与负载额定电压相符,其额定电流应大于或等于负载最大电流。
4. 接线与安装:接线应遵守发电机端守则,一般其发电机端已在表内接好,只要按所给接线图进行外部接线即可;一般要将电度表和配电装置装在一起,安装高度应距地面0.6~1.8米。

(四) 电流互感器和电压互感器

1. 基本概念:是按比例变换交流电流和交流电压的仪器。电压互感器实际是降压变压器,是将一次侧的高电压变换成二次侧的低电压;电流互感器实际是降流变压器,是将一次侧大电流变换成二次侧的小电流;一般电压互感器二次侧规定为100伏,电流互感器二次侧规定为5安。
2. 正确接线:电压互感器一次侧与被测电路并联,二次侧与电压表并联;电流互感器一次侧与被测电路串联,二次侧与电流表串联。
3. 正确使用:
 - (1) 电压互感器的一次、二次侧在运行中绝对不允许短路,必须装设熔断器;电流互感器二次侧在运行中绝对不允许开路,应装设短路开关。
 - (2) 电流电压互感器的铁心和二次侧的一端必须可靠接地,以确保人身和设备安全。

第二节 常用电工工具及量具知识

一、常用电工工具

(一) 常用基本工具

1. 电工钳:主要有克丝钳、尖嘴钳、偏口钳、剥线钳等,其主要作用是钳夹、弯绞、剖切导线,亦可旋紧螺母。
2. 电工刀:主要是剖削导线绝缘层等。
3. 螺丝刀:有一字和十字两种,用来紧固和拆卸螺钉。
4. 活扳手:用来紧固和拆卸螺母。
5. 电烙铁:用来焊接导线接头和电子元器件。
6. 喷灯:分汽油和煤油两种,用来大面积导线焊接加热和弯曲母线等。
7. 电钻:分手电钻和冲击钻两种,手电钻用来普通打孔,冲击钻用来水泥砖墙打孔,必须配用专用钻头。

(二) 常用绝缘安全用具

1. 高压用具:主要有高压验电器、绝缘棒、绝缘夹钳、高压钳流表等。
2. 低压用具:主要有低压验电器、各种绝缘工具等。
3. 辅助用具:主要有绝缘手套、绝缘鞋、绝缘毯和台等。

(三) 常用防护安全用具

主要有临时遮栏、标示牌、防护眼镜、便携接地线和登高安全用具等。

除以上外,还有拆卸器、绕线机、短路测试器等工具仪器。

二、常用电工量具

1. 游标卡尺:是一种中等精度量具,可测量工件的外径、孔径、长度、宽度、高度及孔距等。
2. 百分尺:是一种高精度的精密量具,一般用来测量加工精度要求较高的工件尺寸。
3. 百分表:是一种应用广泛的万能量具,可以检验机床的精度和工件尺寸、形状和位置误差。
4. 塞尺:又叫厚薄规,用来检验两个结合面之间的间隙大小。

第三节 常用电工材料知识

一、常用电工材料

1. 导电材料:是指能够用来传导电流的材料,一般分为高导电材料和特殊导电材料两类。常用有铜和铝

制成的导线和线缆等;石墨制成的电机和电器电刷。

2. 绝缘材料:是指不能传导电流的材料,一般分为气体、液体、固体绝缘材料三大类,按其耐热可分为Y、A、E、B、F、H、C七个等级,分别对应最高工作温度为90°、105°、120°、130°、155°、180°和>180°以上。常用有绝缘漆、绝缘胶、绝缘油、云母制品、玻璃陶瓷制品等。

3. 磁性材料:分为软磁材料、硬磁材料、特殊磁性材料三类。软磁材料有电工纯铁、硅钢片、铁镍合金等,在电工领域广泛采用;硬磁材料有铝镍钴合金,只要用来制造永久磁铁。

二、电机常用轴承和润滑脂知识

(一)电机常用轴承

1. 选轴承的依据:是依据承受载荷大小和性质,转速高低,支承刚度和结构状态等。

2. 选轴承原则

(1) 径向载荷为主,轴向载荷较小,转速较高时选用向心球轴承。

(2) 径向载荷大,轴向相载荷,转速较低时选用向心滚子轴承。

(3) 同时承受较大径向和轴向载荷时,选用向心推力轴承。

(4) 只承受轴向载荷时选用推力轴承。

3. 一般深沟球轴承是电动机轴承的最佳选择。

(二)常用润滑脂

1. 室温下、湿度较大或与水接触的场所使用封闭式电动机,应选用钙基润滑脂。

2. 较高温度、清洁无水分条件下使用开启式电动机,应选用钠基润滑脂。

3. 高温环境、有水接触及严重水分条件下,应选用复合铅基润滑脂。

4. 转速较高的电动机,应选用粘度较小、滴点低或工作锥入度较大的润滑脂。

第四节 电机与变压器知识

一、直流电机

电机按电源的不同可分为直流电机和交流电机。直流电机是实现机械能与直流电能相互转换的装置。直流电机具有可逆性,直流电机的可逆性是指一台直流电机既可作发电机运行也可作电动机运行。

(一)结构与分类

1. 结构 直流电机可分为定子和转子两大部分,定子与转子之间的空隙叫气隙。电机的静止部分叫定子。直流电机的定子主要是产生主磁场和作为机械支撑。定子包括机座、主磁极、换向磁极、端盖和轴承、电刷装置等。转子是电动机的旋转部分又叫电枢,它是产生感应电动势、电流、电磁转矩,实现机电能量转换的地方。转子一般由电枢铁心、电枢绕组、换向器、风扇和轴组成。

2. 分类 直流电机按其工作原理可分为直流电动机和直流发电机。直流电机按产生主磁场的方式不同可分为:永久磁铁作为主磁极的直流电机和励磁绕组产生主磁极的直流电机。对于后一种按照励磁绕组与电枢绕组的连接方式不同又分为他励式和自励式两种,自励式又分成并励、串励、复励等。

(二)铭牌

铭牌主要包括型号、额定电压、额定功率、额定电流、额定转速、励磁方式、额定励磁电压、额定励磁电流、定额(工作方式)、温升、绝缘等级等。

二、变压器

变压器是利用电磁感应原理,把电能由一种电压变成同频率的另一种电压的电器,它用来把电压升高或降低。

(一)分类

按用途分为电力变压器、特殊变压器、试验变压器、仪用变压器、控制变压器等;按相数分为单相、三相、多相。按冷却方式分为干式变压器、油浸式变压器、充气式变压器。在电力系统的使用中,可分为升压变压器、降压变压器、配电变压器。

(二)结构

主要由铁心和绕组构成,它们是变压器进行电磁感应的基本部分叫器身。铁心是变压器的磁路部分。为了提高导磁能力、减少涡流及磁滞损耗,铁心采用厚度0.35mm的表面涂有