

职业技能培训丛书

电工仪表维修工 基本技术

DIANGONG YIBIAO WEIXIUGONG JIBEN JISHU

金盾出版社

职业技能培训丛书

电工仪表维修工 基本技术

DIANGONG YIBIAO WEIXIUGONG JIBEN JISHU

ISBN 7-5082-0739-4



9 787508 207391 >



ISBN 7-5082-0739-4

TM · 30 定价: 7.00 元

职业技能培训丛书

电工仪表维修工基本技术

丛书主编 刘 森

编 委 刘春生 石通灵 徐 崑

张 浩 于涟沧

本书主编 王艳红 卢 波 刘丽波

编 者 路全星 陈 彬 张春芝

张 浩

金 盾 出 版 社

内 容 提 要

本书从讲解电工基础知识和电子技术基础知识入手,重点介绍了常用电工仪表的结构、工作原理、故障检修,以及电工仪表误差的分析和调整方法等。本书内容通俗实用,既可作为培训本专业技术工人的教材,也可供初、中级电工仪表维修工自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工仪表维修工基本技术/王艳红等主编;路全星等编著. —北京:金盾出版社,1998. 11
(职业技能培训丛书)

ISBN 7-5082-0739-4

I. 电… I. ①王…②路… III. 电工仪表-维修-技术-培训-自学参考资料 N. TM930. 7

金盾出版社出版、总发行

北京太平路5号(地铁万寿路站往南)
邮政编码:100036 电话:68214039 68218137
传真 68276683 电挂 0284
封面印刷:北京百花彩印有限公司
正文印刷:北京1202厂
各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:7 字数:150千字
1998年11月第1版 1998年11月第1次印刷
印数:1 11000册 定价:7.00元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

参照机械工业部、劳动部颁布的《国家职业技能鉴定规范》，即考核大纲的基本要求，针对目前机械工业各工种职工的实际情况和培训军地两用人才的需要，我们组织编写了这套为培养与提高初、中级机械作业工人技术素质的“职业技能培训丛书”。

这套丛书包括了机械工业中的车工、钳工、热处理工、锻造工、铸造工、机修钳工、工具(模具)钳工、电镀工、磨工、镗铣工、电焊工、装涂工、管道工、维修电工、电工(内外线)等主要工种。丛书按工种分册编写，陆续出版。每个分册的内容在编排上，采取初、中级工的基础知识、专业知识以及相关知识集中在一起的形式，便于读者查阅。在论述过程中，密切注意理论联系实际，并针对上述“规范”所规定的技能要求作详细的分析。技能要求的实际操作部分，读者应结合各自的实际工作有意识地加强训练，以达到初、中级工人的技术培训与技能鉴定的要求。

鉴于作者知识水平的局限，书中所述内容难免有谬误之处，敬请广大读者予以批评指正。

作 者

1998年6月

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 电工基础知识	(3)
一、直流电路	(3)
二、单相交流电路	(18)
三、三相交流电路	(40)
四、磁路与变压器	(48)
五、安全用电常识	(54)
第三章 电子技术基础知识	(56)
一、晶体管放大电路	(56)
二、正弦波振荡电路	(65)
三、脉冲数字电路	(71)
四、仪表中电子电路简介	(85)
第四章 电工仪表基础知识	(89)
一、电工仪表分类和技术指标	(89)
二、磁电式仪表	(97)
三、电磁式仪表	(104)
四、电动式仪表	(109)
五、常用配电盘仪表的检修知识	(111)
六、测量仪表的校验知识	(124)
第五章 电工操作技术	(128)
一、钳工基本操作	(128)

二、电工基本操作	(135)
第六章 电阻箱和电桥	(147)
一、电阻箱	(147)
二、电桥	(149)
第七章 电位差计和毫伏表	(154)
一、电位差计	(154)
二、毫伏表	(160)
第八章 兆欧表	(163)
一、兆欧表的结构	(163)
二、兆欧表的选择和使用	(164)
三、兆欧表误差的调整和校验	(168)
第九章 频率表、相位表和数字仪表	(170)
一、频率表	(170)
二、相位表	(172)
三、数字仪表	(174)
第十章 标准电池	(184)
一、标准电池的分类	(184)
二、标准电池的主要技术特性	(186)
三、标准电池的使用和维护	(186)
四、标准电池的检定	(189)
附录 1 电气图用图形符号	(193)
(一) 限定符号和常用的其它符号(GB 728. 284)	
.....	(193)
附表 1-1 电流和电压的种类	(193)
附表 1-2 接地、接机壳和等电位	(193)
附表 1-3 操作件和操作方法	(194)
(二) 导线和连接器件(GB 4728. 3—84)	(195)

附表 1-4	导线	(195)
附表 1-5	端子和导线的连接	(196)
(三)	无源元件(GB 4728.4—85)	(197)
附表 1-6	电阻器	(197)
附表 1-7	电容器	(198)
附表 1-8	电感器	(199)
(四)	半导体管(GB 4728.5—85)	(199)
附表 1-9	半导体二极管	(199)
附表 1-10	晶闸管	(200)
附表 1-11	其它半导体管	(200)
附表 1-12	光电子、光敏和磁敏器件	(201)
(五)	开关、控制和保护装置(GB 4728.7—84)	(202)
附表 1-13	触头(触点)的限定符号	(202)
附表 1-14	单极开关	(202)
附表 1-15	两个或几个位置的触头(触点)	(203)
附表 1-16	延时触点(触头)	(204)
附表 1-17	位置和限制开关	(204)
附表 1-18	热敏开关、变速开关和水银液位开关	(205)
附录 2	标志符号	(206)
附表 2-1	电工仪表标志符号	(206)
附表 2-2	接外界条件分组符号	(207)
附表 2-3	准确度等级符号	(207)
附表 2-4	指示、记录和积算仪表一般符号	(208)
附表 2-5	指示仪表符号	(208)
附录 3	电工仪表型号	(209)
附表 3-1	常用直流电桥的型号规格	(209)

·附表 3-2 电工仪表产品型号类组表	(210)
附录 4 电气测量指示仪表性能比较	(212)
附录 5 电气测量指示仪表常见故障及排除方法	(214)

第一章 绪 论

电工仪表是现代工业生产设备所离不开的。它是用来测量产品质量,记录生产效率,检查设备工作中动力消耗等情况必不可少的附属设备。

电工仪表和其它设备一样,在长时间工作中会由于各种原因使其性能降低,甚至造成不能正常工作。电工仪表维修工作是为防止仪表性能下降,排除仪表故障,解决仪表缺陷所进行的维修工艺。其目的是保持或恢复仪表应有的性能,提高其可靠性,使其在较长时间内处于最佳工作状态。所以,电工仪表维修工作对于保证生产设备的正常运行和促进生产的发展有十分重要的作用。

电工仪表维修的主要过程为拆卸、修理、装配和调整,以及贯穿于整个过程中的各种检验和校正。电工仪表维修工作的主要内容如下:

1. 及时发现仪表的各种故障征兆和已出现的故障,通过分析判断查明其原因,并确定适宜的检修对策;
2. 更换已失效的或在检修过程中不能进行修理的零部件或元器件;
3. 通过修理,消除零部件、元器件的缺陷,或抑制、减轻初期缺陷发展的进程,以改善其现有状态;
4. 采用新结构、新材料、新技术、新工艺,对原有仪表中的不足部分或已趋于落后的部分进行改造,以改善和提高仪表的技术等级。

随着现代工业自动化、电气化技术的不断发展,电工仪表

的使用越来越广泛。在工业企业中,电工仪表维修工所占比例越来越大,所处的地位也越来越重要。提高电工仪表维修工的技术水平,对提高设备的自动化程度和产品的质量具有重要意义。《电工仪表维修工基本技术》一书正是为培养和提高电工仪表维修技术工人而编写的专业教材,可供初、中级电工仪表维修工自学参考。

本书共分十章,从有关电工仪表维修的基础知识入手,比较全面系统地叙述了电工和电子学方面的基本知识,电路、磁路、电子电路(晶体管放大电路、正弦波振荡电路、脉冲数字电路等)的原理和特点,电工仪表基础知识,常用配电盘仪表(磁电系、电磁系、电动系)的构造、工作原理及仪表的校验和维修,常用的各种电工仪表(电阻仪表、电位差计、兆欧表、频率表、数字仪表等)的结构、选择、使用和维修。此外,还介绍了电工仪表维修工必须了解的电钳工、电路焊接、用电安全技术方面的知识。以及常用电工符号和电工仪表符号的意义等。阅读本书时必须贯彻理论联系实际的原则,这样才能理解得深,掌握得牢,使用得活。

第二章 电工基础知识

一、直流电路

(一) 电路

电路是将元、器件用导体联接起来的电流的通路。电路一般是由电源、负载、中间环节三部分组成的。

电源是供给电能的设备,如发电机、干电池和蓄电池等。负载是用电器,如电动机、电灯和电热器等。中间环节是联系电源与负载的部分,如导线、开关、安全保护装置和检测仪表等。

用规定的电工符号来表示电路元件之间关系的图形称为电路图。

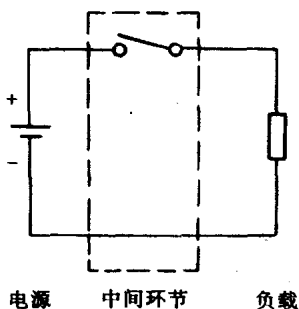


图 2-1 简单电路图

图 2-1 即为一个最简单的电路图。

(二) 电路中的物理量

1. 电流 电荷有规则的定向移动就形成电流。把单位时间内通过导体横截面的电量定义为电流强度,用来衡量电流的大小,简称为电流。如果电流的大小和方向都随时间作周期性变化且平均值为零,则称为交变电流,简称交流,用 i 表示:

$$i = \frac{dQ}{dt} \quad (2-1)$$

式中 dQ 为 dt 时间内电荷的变化量。

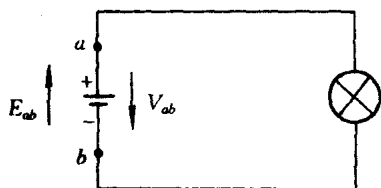
如果电流的大小和方向都不随时间变化,则称为恒定电流,简称直流,用 I 表示:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (2.2)$$

式中 Q 为 t 时间内通过导体的电荷。

习惯上把正电荷移动的方向定为电流的方向。在分析电路时,往往难于事先确定某一支路电流的实际方向,例如在交流电路中,电流的方向随时间变化,很难用一个固定的箭头表示它的实际方向。因此,在电路分析与计算时,可先任选某一方向定为电流的正方向,或者称为参考方向,当电流的实际方向与正方向一致时,电流为正值,反之则为负值。一般用箭头来表示电流的参考方向。

2. 电压与电动势 在图 2-2 中,电场力将单位正电荷从电源正极 a 点移到电源负极 b 点所做的功,称为 a 、 b 两点间的电压,用 V_{ab} 表示。 V_{ab} 也就是单位正电荷从 a 点(高电位)移到 b 点(低电位)所失去的电能。



在电场内两点间的电位差也常称为两点间的电压即

$$V_{ab} = V_a - V_b \quad (2-3)$$

式中 V_a 为 a 点的电位; V_b 为 b 点的电位。

图 2-2 电压与电动势

为维持电流不断地在联接导体中流过,则必须使电极 b 上所增加的正电荷经过另一路流向电极 a 。由于电场力的作用,电极 b 上的正电荷不能逆电场而上,因此必须有另一种力能克服电场力,而使电极 b 上的正电荷流向电极 a ,这另一种

力就是电源所产生的,我们称之为电源力。电源的电动势 E_{ab} 在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的低电位端 b 经电源内部移到高电位端 a 所做的功。也就是单位正电荷从 b 点(低电位)移到 a 点(高电位)所获得的电能,再加上移动过程中的能量损失。在电源力的作用下,电源不断地把其他形式的能量转换为电能。习惯上,将驱动正电荷移向正极的电源力的方向,即电位升的方向定为电动势的方向;将正电荷受电场力的方向,即电位降的方向定为电压方向。电动势的方向与电压的方向相反。电动势的单位与电压的单位相同,均为伏(V)。

(三) 欧姆定律

在图 2-3 中,电阻 R 的两端在电压 V 的作用下,会有电流流过,并且流过电阻 R 的电流 I 与电阻两端的电压 V 成正比,与电阻 R 成反比,这个结论称为欧姆定律,它是电路的基本定律之一。可表示为

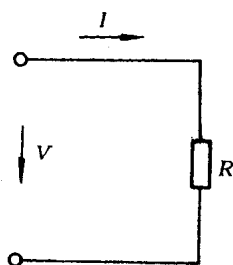
$$I = V/R \quad (2-4)$$

式中 V ——电压(伏);

I ——电流(安);

R ——电阻(欧)。

从式 2-4 中可以看出,当电压 V 一定时,电阻 R 越小,则通过电阻的电流 I 越大。



电阻的倒数称为电导,一般用 G 表示,即

$$G = 1/R \quad (2-5)$$

欧姆定律也可以用式 2-6 表示:

$$I = GV \quad (2-6)$$

式中 G ——电导,单位为西(S)。

上面讲的是一段支路的欧姆定律,并且在这段支路中没有电源。而在一个闭合的有源电路中,电流、电阻与电动势之间的关系是怎样呢?

在一个闭合的电路中,每一支路都遵守欧姆定律,因此,可以通过支路的欧姆定律来得出全电路(闭合电路)中 I 、 V 、 R 之间的关系。图 2-4 为一个简单的闭合回路。

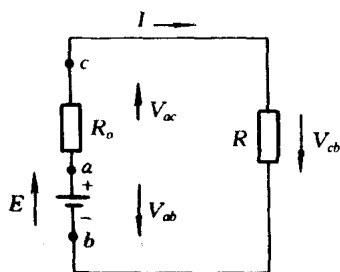


图 2-4 简单闭合回路

在图 2-4 中,根据支路欧姆定律得出:

$$V_{ac} = IR_0 \quad V_{cb} = IR$$

则 $E = IR_0 + IR$

因此 $I = \frac{E}{R_0 + R} \quad (2-7)$

由式(2-7)可看出,在一个只有一个电源的闭合电路中,通过电路中的电流与电动势成

正比,与全电路的电阻(外电路负载电阻 R 与电源内阻 R_0)之和成反比。这说明在全电路中, I 、 V 、 R 之间的关系也是遵守欧姆定律的。这一结论称为全电路欧姆定律。

在欧姆定律中电阻是一个常数,与电流和电压的大小、方向无关,这样的电阻称为线性电阻。线性电阻上的电压和电流是遵守欧姆定律的。如果电阻与通过它的电流和施于其两端的电压有关,即当电流和电压改变时,电阻的数值也随之而变,这样的电阻称为非线性电阻。非线性电阻上的电压和电流关系是不遵守欧姆定律的。

(四) 额定工作状态及短路与断路

1. 额定工作状态 当电流通过导体时,克服导体的电阻而做了功,促使分子的热运动加剧,将其所消耗的电能全部转

变成热能,从而使导体的温度升高,这种现象称为“电流的热效应”。

电流热效应在生产中用途很广。常见的有电炉、电烙铁、熔断器等。但电流热效应在有些场合完全无用,甚至是有害的。如输电线、电动机、仪表设备中的线圈发出的热量,不但无用,还会导致电气设备发热,如果温度过高会使绝缘材料老化变质,引起漏电或短路,以至整个设备烧坏。为了使电气设备在正常温度下运行,必须对每个电气设备规定电流的限定值,也称额定电流,用 I_n 表示。通过设备的电流值,不允许长期超过额定电流值。

各种电气设备允许施加的电压也有一个限定值,称为额定电压,用 V_n 表示。施加于设备上的电压不允许超过额定电压值,否则绝缘材料会因承受过高电压而引起击穿(即在强电场作用下,绝缘材料丧失绝缘性能,而变成导体)。

任一电阻性负载在额定电压下流过额定电流时,电流与电压的乘积称为额定功率,用 P_n 表示。即 $P_n = I_n V_n$, 这时的工作状态称为额定工作状态,也叫作满载。如果超过额定电流或额定功率,则称为过载。过载对电源和设备都是不利的,因而也是不允许的。

2. 短路 短路就是电源未经负载而直接联成闭合回路。如图 2-5 电路所示,当 a 点与 b 点直接相联时,则电源 E 被短路。这时电路中流过的电流叫作短路电流 I_s 。由于这时电路中的电流不通过负载,回路中只有很小的电源内阻 R_0 , 所以短路电流很大。

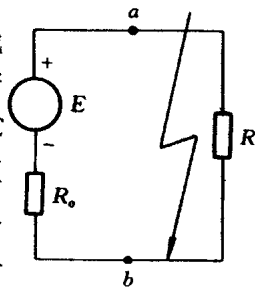


图 2-5 短路

短路通常是一种严重事故。为了防

止短路事故发生,常在电路中串联熔断器,当电流超过一定值时,熔断器中熔丝迅速烧断,切断电路。

3. 断路 断路就是电源和负载没有联成闭合通路,也就是图 2-6 中开关 K 未接通的工作状态。此时,相当于负载电阻趋 E 于无穷大,电路中电流等于零。即 $R \rightarrow \infty, I \rightarrow 0$ 。

这种状态称为电源空载,此时,电源的端电压称为开路电压,或空载电压,用 V_0 表示。

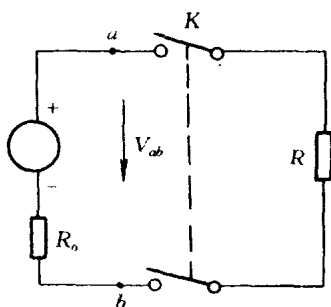


图 2-6 断路

由于断路,内阻 R_0 上的压降为零,故电源开路电压等于电动势,电源不输出电能,即

$$V_{ab} = V_0 = E$$

断路和短路是电路的两种特殊状态,这两种状态也用于电路中的某元件。如电路中某元件断开,以致电流不能通过时,也可以说该元件断路。

(五) 电功率

在电工中电功率简称为功率。电功率是单位时间内电场力做的功。在图 2-7 中, a 点到 b 点之间的电压为 V , 流过的电流为 I , 根据电压定义可知, 当正电荷 $q (q = It)$ 在电场力作用下, 通过 R 由 a 点移到 b 点时, 电场力所做的功为:

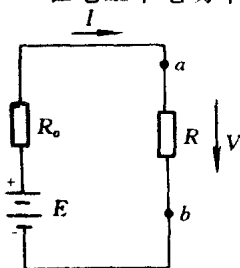


图 2-7 电功率

$$A = Vq = VIt \quad (2-8)$$

这个功也就是电阻 R 在时间 t 内所吸收的电能。对于电阻来说, 吸收的