

职业技能鉴定培训读本(技师)

维修电工

吉化集团公司 组织编写
李守忠 陈宝生 应彬 等编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

职业技能鉴定培训读本（技师）

维 修 电 工

吉化集团公司 组织编写

李守忠 陈宝生 应 彬 等编

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

维修电工/[李守忠]等编. —北京: 化学工业出版社,
2004. 3

职业技能鉴定培训读本 (技师)

ISBN 7-5025-5349-5

I. 维… II. 李… III. 电工-维修-职业技能鉴定-
教材 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 024854 号

职业技能鉴定培训读本 (技师)

维 修 电 工

吉化集团公司 组织编写

[李守忠] 陈宝生 应 彬 等编

责任编辑: 刘 哲 周国庆 周 红

责任校对: 郑 捷

封面设计: 郑小红

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 17 字数 458 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5349-5/G · 1404

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

当今世界已步入到知识经济和市场经济时代，企业生存与发展要依靠先进的生产力和高素质复合型人才。在技术密集型企业中将新技术、新工艺、新设备广泛应用并迅速转化为优质产品，需要大批高智能技术工人的有效劳动。因此在企业中高素质的技术人员、技师、高级技师是不可缺少的人才。目前，企业中身怀绝技的技师、高级技师奇缺，所以培训技师、高级技师是企业的当务之急。

吉化集团公司组织几十名工程技术人员和高级技师编写了一套《职业技能鉴定培训读本（技师）》（以下简称《读本》），共 20 本，其中包括 7 本基础读本，分别为《化学基础》、《化工基础》、《电工电子基础》、《机械基础》、《机械制图》、《工程材料》、《检测与计量》，13 本专业技术读本，分别为《检修钳工》、《检修焊工》、《检修铆工》、《检修管工》、《热处理工》、《防腐蚀工》、《分析化验工》、《电机修理工》、《维修电工》、《仪表维修工》、《在线分析仪表维修工》、《制冷工》、《污水处理工》。参加编写的同志都长期在生产一线从事工艺设计、开发、生产技术管理、设备维护检修等专业技术工作，具有较强的理论基础知识和丰富的实践经验。

这套《读本》以技师为主要读者对象，适当兼顾高级工和高级技师的需要。在编写过程中，参考了国家及有关行业高级工、技师和高级技师的职业标准和职业技能鉴定规范，比较全面地介绍了企业中现行使用的新标准、新技术、新设备、新工艺等方面的内容及应用。这套《读本》的特点如下：①知识面较宽，起点较高，尤其注意理论联系实际；②比较全面地介绍了企业，特别是化工企业中主要专业工种的检修技术；③系统阐述了各专业工种的工艺要求和操作技能；④列举了工作或生产案例，突出了实际生产操作中高、

难技艺的论述。

本书是《职业技能鉴定培训读本（技师）》分册之一。全书共分8章，包括基本电路，工业电子学基础，变压器，电动机，工厂电气设备，电力电缆，接地、防雷、防爆炸、防静电，电工计量与检测。

本书第1章由陈宝生编写，第5章由张泽军编写，第6章和第8章由应彬编写，第7章由吴江编写，第2章，第3章和第4章由李守忠编写。本书由庄少君、刘鹏、张泽军、张绍波审核。

由于编者水平所限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2004年1月

目 录

第 1 章 基本电路	1
1 直流电路	1
2 交流电路	3
2.1 交流电的产生和表示方法	3
2.2 串联电路	4
2.3 并联电路	10
2.4 三相交流电路	12
第 2 章 工业电子学基础	18
1 二极管及整流电路	18
1.1 二极管的特性曲线和参数	18
1.2 二极管整流电路	20
1.3 整流电路的滤波	25
1.4 晶体二极管的测试和使用注意事项	28
2 晶体三极管及放大电路	29
2.1 晶体三极管特性曲线	29
2.2 三极管的参数及简易测试	31
2.3 三极管低频放大器	35
2.4 三极管直流放大器	37
2.5 运算放大器	39
2.6 场效应管放大器	43
3 晶体管直流稳压电源	52
3.1 硅稳压管及特性曲线	52
3.2 稳压管工作原理及主要参数	54
4 晶体管数字脉冲电路	57
4.1 RC 电路	57
4.2 晶体管门电路	61
5 可控硅整流装置	66

5.1	可控硅元件	66
5.2	单相可控硅整流电路	67
5.3	三相可控硅整流电路	71
第3章	变压器	77
1	变压器的用途、分类和结构	77
1.1	变压器的用途和分类	77
1.2	变压器的结构	77
2	变压器的工作原理	80
2.1	变压器的工作原理	80
2.2	变压器的空载运行	80
2.3	变压器的负载运行	83
3	变压器的空载试验和短路试验	88
3.1	空载试验	88
3.2	短路试验	90
3.3	阻抗电压	91
4	变压器的连接	92
4.1	电力变压器的出线标志及接法	92
4.2	变压器绕组的极性	93
4.3	变压器的连接组别	95
5	变压器的并联运行	100
5.1	变压器并联运行的优点	100
5.2	变压器并联运行的条件	100
5.3	变压器并联运行的计算	100
6	自耦变压器与互感器	103
6.1	自耦变压器	103
6.2	电流互感器	105
6.3	电压互感器	108
7	电焊变压器	109
7.1	电焊变压器的工作特性	109
7.2	电焊变压器的结构特点	110
8	变压器的经济运行	111
8.1	变压器的运行特性	111
8.2	变压器经济运行方式	115

9 变压器的维护和检修	120
9.1 变压器的过载能力	120
9.2 变压器的日常维护	121
9.3 变压器的检修	121
第4章 电动机	125
1 三相异步电动机	125
1.1 旋转磁场	125
1.2 三相异步电动机的工作原理	128
1.3 三相异步电动机的电势及电势平衡方程式	129
1.4 异步电动机的等效电路和向量图	132
1.5 三相异步电动机的功率和电磁转矩	136
1.6 异步电动机的类型结构和额定值	139
2 三相异步电动机的启动和制动	141
2.1 异步电动机固有的启动特性	141
2.2 直接启动	142
2.3 笼式异步电动机降压启动	144
2.4 绕线式异步电动机转子串接对称电阻启动	147
2.5 三相异步电动机的制动	151
3 三相异步电动机的调速	156
3.1 绕线式异步电动机转子串接电阻调速	157
3.2 变极调速	158
3.3 改变定子电压调速	162
3.4 串级调速	164
3.5 电磁转差离合器调速	166
3.6 异步电动机的变频调速	168
4 同步电动机	172
4.1 同步电动机的基本结构、特点和定额值	172
4.2 同步电动机工作原理、电枢反应	173
4.3 同步电动机的电压平衡方程式、电磁功率和转矩	180
4.4 同步电动机的励磁调节和V形曲线	183
4.5 同步电动机的启动	186
5 单相交流电动机	188
5.1 单相交流电动机的工作原理	188

5.2	单相异步电动机的电容分相启动	191
5.3	单相异步电动机罩极启动	192
5.4	三相异步电动机用在单相电源上	193
6	直流电动机	194
6.1	概述	194
6.2	直流电动机的工作原理	195
6.3	电枢反应	199
6.4	直流电动机的换向	200
6.5	直流电动机的主要工作特性	205
6.6	直流电动机的启动	209
6.7	直流他励电动机的制动	212
6.8	串励直流电动机的运行特性	216
6.9	直流电动机的调速特性	220
7	三相异步电动机的经济运行	225
7.1	三相异步电动机的力能指标及损耗分析	225
7.2	异步电动机经济运行的公式及计算	228
7.3	电压为额定值, 变动负载时的等效功率和损耗的计算	233
7.4	电压波形和对称性对电动机损耗的影响	234
7.5	电动机的互换	235
7.6	电动机调压节电	238
8	三相异步电动机的控制	240
8.1	三相笼式异步电动机的全压启动控制线路	240
8.2	三相笼式异步电动机降压启动控制线路	245
8.3	绕线式异步电动机的控制线路	247
8.4	三相异步电动机制动控制线路	248
9	电动机的安装、维护及检修	252
9.1	电动机的安装	252
9.2	电动机的维护	255
9.3	三相异步电动机的故障与检修	262
9.4	三相异步电动机定子绕组故障的检修	273
9.5	三相异步电动机转子绕组故障的检修	277
9.6	电动机修复后的试验	277
9.7	同步电动机的检修	280

9.8	直流电动机的故障和检修	281
9.9	直流电动机电枢绕组故障检修	284
9.10	换向器的故障	286
9.11	直流电动机修复后的试验	287
9.12	单相异步电动机故障分析与处理方法	289
第5章	工厂电气设备	291
1	概论	291
1.1	化工厂的生产用电	291
1.2	供电系统	292
1.3	电力驱动	293
1.4	电气照明	294
2	低压电气	295
2.1	概述	295
2.2	低压电气的灭弧知识	299
2.3	熔断器和刀开关	301
2.4	接触器	307
2.5	自动开关	309
2.6	其他低压电气	312
3	高压电气	315
3.1	高压熔断器	315
3.2	断路器	317
3.3	隔离开关	320
3.4	负荷开关	321
3.5	避雷器	321
3.6	电流互感器	322
3.7	节电压互感器	324
4	变频调速	326
4.1	概述	326
4.2	变频调速装置的组成和特点	327
4.3	变频器的工作原理	334
4.4	变频器的主要技术规格	342
4.5	电动机和变频器容量的选择	348
4.6	变频器的安装及配置	350

4.7	变频器的定期检查和测试	353
5	可编程控制器	356
5.1	可编程控制器的特点、功能和工作原理	356
5.2	PLC 的主要功能	358
5.3	PLC 的工作原理	360
5.4	梯形图	362
第 6 章	电力电缆	364
1	电力电缆的分类	364
1.1	概述	364
1.2	电力电缆的分类	364
2	电力电缆的敷设	366
2.1	电力电缆敷设的基本要求	366
2.2	直埋电缆的敷设	368
2.3	室内电缆的敷设	370
2.4	桥梁、隧道及水下电缆的敷设	372
3	电力电缆的运行维护和保养	374
3.1	电力电缆运行维护	374
3.2	电力电缆的防腐	380
4	电力电缆的故障诊断	381
4.1	电力电缆故障发生的原因	381
4.2	电力电缆故障的分类	384
4.3	电力电缆故障诊断的一般步骤和方法	386
5	电缆头的制作	391
5.1	电缆头制作的基本要求	392
5.2	电缆头制作的注意事项	393
5.3	热缩电缆中间头和终端头制作工艺	395
5.4	冷缩电缆头的制作工艺	409
第 7 章	接地、防雷、防爆炸、防静电	419
1	接地	419
1.1	接地的概念	419
1.2	低压配电系统接地	419
1.3	电气装置接地	421
1.4	接地装置	427

2	防雷	432
2.1	球雷的特性	432
2.2	雷电活动的规律	432
2.3	落雷的相关因素	432
2.4	建筑物易受雷击的部位	433
2.5	建筑物的防雷分类	433
2.6	民用建筑物的防雷分级	434
2.7	建筑物的防雷措施	435
2.8	其他防雷措施	447
2.9	防雷装置	448
2.10	接闪器的选择和布置	451
2.11	电力设备防雷	452
3	防爆炸	457
3.1	爆炸危险环境中的电气设备的安全技术	457
3.2	防爆型电气设备安全要求	458
3.3	爆炸危险环境的分区	460
3.4	爆炸危险环境中的电气设备的选择	470
3.5	爆炸危险环境中的配电线路	475
4	防静电	481
4.1	静电的产生和带电	481
4.2	静电导致的灾害和故障 (以下简称灾害)	481
4.3	防止静电灾害措施的概述	482
4.4	采用接地防止带电的基本概念	484
4.5	采用静电消除器防止带电	494
4.6	静电消除器的维护保养	498
4.7	防静电鞋的电阻及使用条件	500
4.8	防静电工作服	501
第 8 章	电工计量与检测	503
1	概述	503
2	电气测量指示仪表的分类与符号	503
3	电工指示仪表的组成与工作原理	504
3.1	指示仪表的组成	504
3.2	测量机构的主要组成部分与基本原理	505

4	电气测量指示仪表的误差及准确度	507
4.1	仪表误差的分类	507
4.2	误差的表达形式	508
5	常用的电工测量方法	509
6	测量误差及消除方法	511
6.1	电工指示仪表的选择	511
6.2	测量误差及消除方法	512
7	电流与电压的测量	513
7.1	直接测量法	513
7.2	间接测量法	515
8	电工仪表的工作原理	517
8.1	磁电系仪表	517
8.2	电磁系仪表	518
8.3	电动系仪表	519
9	万用表	521
9.1	磁电系万用表	521
9.2	数字式万用表	524
10	电功率的测量	524
10.1	单相交流电功率的测量	525
10.2	三相电功率的测量	525
参考文献		527

第1章 基本电路

1 直流电路

直流电路的有关知识如下。

① 电流经过的路径称为电路。最简单的电路由电源、负载和中间环节三部分组成。电路的作用是实现电能的传输和转换。

② 电荷有规则地定向运动称为电流。电流的方向规定为正电荷移动的方向。大小和方向均不随时间变化的电流称为直流电流。

对于直流电流有： $I = \frac{Q}{t}$ 。

③ 电场力把单位正电荷从电场中的某点移到参考点所做的功，称为该点的电位。电场中两点间的电位差称为电压。电压方向规定为由高电位指向低电位的方向。电位具有相对性，电压具有绝对性。

④ 外力把单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功称为该电源的电动势。电动势的方向是由低电位指向高电位。

⑤ 导体对电流的阻碍作用称为电阻。电阻值与材料有关，即 $R = \rho \frac{L}{S}$ ，电阻值还与温度有关，电阻值随温度变化的程度用电阻温度系数表示。

⑥ 欧姆定律是电路的基本定律之一。部分电路欧姆定律用公式表示为： $I = \frac{U}{R}$ ，全电路欧姆定律用公式表示为： $I = \frac{E}{R + r}$ 。

⑦ 电流所做的功叫电功。电流在单位时间内做的功叫电功率。负载电阻所消耗的功率为： $P = UI$ 或 $P = I^2 R$ 或 $P = \frac{U^2}{R}$ 。负载获得最大功率的条件是：负载电阻等于内电阻。

⑧ 电流通过导体时，使导体发热的现象称为电流的热效应。

产生的热量由焦耳-楞次定律确定： $Q=I^2Rt$ ，为了避免电流热效应造成的电气损坏，电气设备都要规定额定值，工作时不允许超过额定值。

⑨ 电路具有通路、短路、开路三种状态。在正常工作时要避免短路事故发生。通常的做法是在电路中串接熔断器作为短路保护用。

⑩ 串联和并联是电阻的两种基本形式，在电阻的串联和并联中，存在着表 1-1 所示的关系。

表 1-1 电阻串联和并联的关系

项 目		串 联	并 联
多个电阻	电压 U	$U=U_1+U_2+U_3+\cdots$	各电阻上电压相等
	等效电阻 R	$R=R_1+R_2+R_3+\cdots$	$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\cdots$
	电流 I	各电阻中电流相等	$I=I_1+I_2+I_3+\cdots$
	功率 P	$P=P_1+P_2+P_3+\cdots$ $=I^2R_1+I^2R_2+I^2R_3+\cdots$	$P=P_1+P_2+P_3+\cdots$ $=\frac{U^2}{R_1}+\frac{U^2}{R_2}+\frac{U^2}{R_3}+\cdots$
两个电阻	等效电阻 R	$R=R_1+R_2$	$R=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$
	分流分压公式	$U_1=\frac{R_1}{R_1+R_2}U$ $U_2=\frac{R_2}{R_1+R_2}U$	$I_1=\frac{R_2}{R_1+R_2}I$ $I_2=\frac{R_1}{R_1+R_2}I$

⑪ 既有电阻串联，又有电阻并联的电路称为混联电路。其计算关键是求等效电阻。

⑫ 直流电桥平衡的条件是对臂电阻的乘积相等；平衡的特征是桥支路的电流为零。

⑬ 基尔霍夫定律是电路的基本定律，它阐明了电路中各部分电流和各部分电压之间的相互关系，是计算复杂电路的基础。

基尔霍夫第一定律： $\sum I_{\text{入}}=\sum I_{\text{出}}$

基尔霍夫第二定律： $\sum IR=\sum E$

⑭ 戴维南定理是计算复杂电路常用的一个定理，尤其适用于

计算复杂电路中某一条支路的电流。其基本内容是：任何一个有源二端线性网络都可以用一个电动势 E_0 和内阻 R_0 串联的等效电源来代替。

⑮ 支路电流法是计算复杂电路最基本的方法。支路电流法以支路电流为未知量，依据基尔霍夫定律列出节点电流方程和回路电压方程，然后解联立方程求出各支路电流。如果复杂电路有 m 条支路 n 个节点，那么可以列 $n-1$ 个独立节点方程和 $m-(n-1)$ 个独立回路方程。

⑯ 电压源与电流源的等效变换。进行等效变换时，要考虑电源的极性，电压源与电流源等效变换只对外电路有效。两种理想电源之间是不能进行变换的。

2 交流电路

2.1 交流电的产生和表示方法

要想得到交流电，必须要有交流电动势。大多数交流电都是由交流发电机产生的，但也可以由其他方法获得。

图 1-1 是最简单的交流发电机结构示意图。在一对磁极 N、S 之间，放置一个可以绕轴旋转的电枢，电枢上绕有一匝导线，导线两端分别接到两只互相绝缘的铜滑环上，铜环经过电刷与外电路相连。

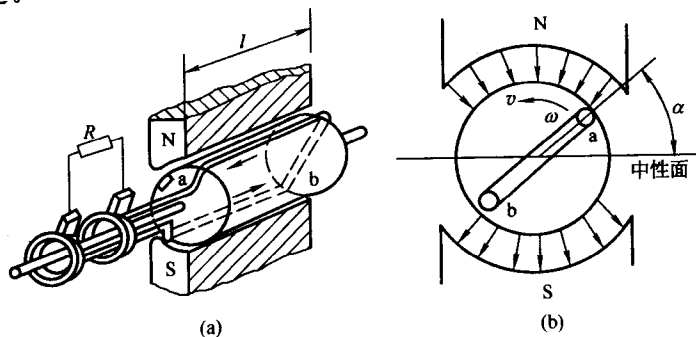


图 1-1 交流发电机结构示意图

为了得到正弦交变电动势，可以采用特定的磁极形状，使得空气隙中的磁感应强度 B 在中性面（即磁极的分界面）处为零，在磁极中心处最大，沿着电枢表面按正弦规律分布，如图 1-1 (b) 所示。若用 α 表示气隙中某点和轴线构成的平面与中性面的夹角，则该点的磁感应强度为

$$B = B_m \sin \alpha$$

如果使线圈在磁场内从中性面开始，以角速度 ω 做等速旋转切割磁力线，产生感应电动势，其大小为

$$e = BLv \quad (1-1)$$

式中 e ——绕组中的感应电动势，V；

B ——磁感应强度，T；

L ——绕组的有效长度，m；

v ——绕组切割磁力线的速度。

如果计时开始时，绕组所在位置与中性面的夹角为 ϕ_0 ，那么经 t (s) 后它们之间的夹角则变为 $\alpha = \omega t + \phi_0$ ，对应绕组切割磁场的磁感应强度为

$$B = B_m \sin \alpha = B_m \sin(\omega t + \phi_0)$$

则绕组中感应电动势随时间变化的规律为

$$e = BLv = B_m \sin(\omega t + \phi_0) Lv = E_m \sin(\omega t + \phi_0) \quad (1-2)$$

正弦交流电可用四种形式表示。第一种形式是解析式，即数学式子。第二种形式是波形图，即曲线图。第三种形式是矢量图，即用旋转矢量来表示。第四种形式称为符号法，即用复数来表示。

2.2 串联电路

2.2.1 电阻、电感的串联电路

在实际电路中，纯电感电路是不存在的，每个电感元件都具有一定的阻值，实际线圈是由相当于电阻 R 与纯电感 L 组成的串联电路所构成的，如图 1-2 (a) 所示。

设流过如图 1-2 (a) 所示电路的电流 $i = I_m \sin \omega t$ ，由于电流 i 的相位与电阻两端电压 U_R 的相位一致，则电阻 R 上的电压瞬时值为

$$u_R = I_m R \sin \omega t = U_{Rm} \sin \omega t$$