

维修电工 技师手册

WEIXIU DIANGONG JISHI SHOUC

王建 主编

第2版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

维修电工技师手册

(第2版)

主 编	王 建			
副主编	李 伟	张 宏	张 凯	尚晓新
	徐洪亮	崔书华	朱彦齐	
参 编	刘金玉	齐劲松	王惠元	郭克亮
	冯 涛	吴 婧	许 瑞	陈秀梅
	宋永昌	韩春梅	魏福江	寇 爽
	李迎波	杨 峥	季海峰	汤 瑞
	李 瑄	郝新虎		
主 审	姚宝玉			
参 审	施利春			

机械工业出版社

本手册根据最新维修电工国家职业技能标准对技师、高级技师的要求,在第1版的基础上进行了修订,增加了传感器及其应用、变流技术、软起动器、电气设备的计划管理和大修工艺的编制以及触摸屏的应用等内容,其特点是内容充实、实用性强、图文并茂、语言简练、通俗易懂,从实用的角度阐述了电气维修的工艺程序、技术要求、操作技巧和方法。全书所用标准和单位均采用国家最新标准和法定计量单位。

本手册可作为维修电工技师、高级技师和高级技术工人实用的工具书,也可供其他电气技术人员参考使用,还可以作为技师考评的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工技师手册/王建主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-111-40182-7

I. ①维… II. ①王… III. ①电工—维修—技术手册
IV. ①TM07-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第253959号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:朱华 责任编辑:林运鑫

版式设计:霍永明 责任校对:刘怡丹

封面设计:张静 责任印制:张楠

北京中兴印刷有限公司印刷

2013年1月第2版第1次印刷

140mm×203mm·18.75印张·1插页·650千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40182-7

定价:49.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

1999年8月出版的《维修电工技师手册》综合了电气维修多方面的资料和技术,内容丰富,层次分明,图文并茂,便于查找,深受广大读者欢迎。

在第1版《维修电工技师手册》出版以后,电气维修的设备、工艺和技术均有了新的发展,相关国家职业标准和规范也进行了更新。为了适应这一新的发展,我们对第1版《维修电工技师手册》进行了修订,增编了传感器及其应用、变流技术、软启动器、电气设备的计划管理和大修工艺的编制以及触摸屏的应用等内容,使内容更加丰富和实用。

《维修电工技师手册 第2版》的主要特点是:

1. 满足了新规范、标准、规程的要求。
2. 满足了电气维修新设备、工艺和技术的要求。
3. 有针对性地编写了职业和岗位需求的知识和技能,既系统又全面,注重理论联系实际,突出技能及实用性。
4. 删除了不必要的和过时的内容,增加了新知识、新技术、新工艺和新方法,使本手册更加科学和实用。

由于时间仓促,以及编者水平所限,书中错误和遗漏之处在所难免,敬请读者批评和指正。

编 者

目 录

前言

第一章 基础知识	1
第一节 维修电工常用计算公式及基本规律	1
第二节 维修电工常用电气符号	18
第三节 电气图的识读与绘制	31
第二章 电工仪表仪器	47
第一节 电工仪表的类型和准确度等级	47
第二节 万用表	48
第三节 绝缘电阻表	58
第四节 钳形电流表	63
第五节 电桥	65
第六节 示波器	75
第七节 晶体管特性图示仪	81
第八节 低频信号发生器	87
第三章 特种电机	89
第一节 微型电机	89
第二节 测速发电机	99
第三节 伺服电动机	105
第四节 步进电动机	112
第五节 交磁放大机	117
第六节 自整角机	125
第七节 旋转变压器	129
第八节 交流电磁调速异步电动机	133
第九节 直线电动机	138
第十节 永磁式电机	141
第四章 传感器及其应用	147
第一节 传感器的概念	147
第二节 电阻应变式传感器	151

第三节	电感式传感器	153
第四节	电容式传感器	156
第五节	光电传感器	159
第六节	超声波传感器	167
第七节	红外传感器	171
第八节	半导体传感器	174
第九节	数字式传感器	184
第十节	热电传感器	197
第十一节	霍尔式传感器	207
第十二节	压电式传感器	214
第十三节	光纤传感器	218
第十四节	激光传感器	224
第五章	电子电路	226
第一节	基本元件	226
第二节	放大电路	251
第三节	直流稳压电源	269
第四节	数字电路	282
第五节	集成电路及其应用	294
第六章	变流技术	303
第一节	常用电力半导体器件	303
第二节	可控整流电路	306
第三节	逆变技术	310
第四节	斩波与交流调压技术	314
第七章	变频器及其应用	318
第一节	通用变频器的结构、种类及原理	318
第二节	通用变频器的参数	326
第三节	变频器的选用、安装与维护	330
第八章	单片机及其应用	355
第一节	MCS-51 系列单片机的结构与原理	355
第二节	单片机应用系统的配置与接口技术	380
第三节	单片应用系统的故障诊断与维护	404
第九章	可程序控制器	409
第一节	可程序控制器 (PLC) 的基本结构和工作原理	409

第二节	可编程序控制器的使用·····	418
第十章	常用机械电气设备的安装与检修·····	425
第一节	机床电气设备的安装要求·····	425
第二节	机床电气设备的维修方法·····	428
第三节	X62W 型万能铣床电气控制电路的工作原理与维修·····	442
第四节	T68 型镗床电气控制电路的工作原理与维修·····	450
第五节	B2012A 型龙门刨床电气控制电路的工作原理与维修·····	455
第六节	桥式起重机控制电路的工作原理与维修·····	484
第十一章	软起动器·····	491
第一节	软起动器的控制方式·····	491
第二节	软起动器的停机·····	495
第三节	软起动器的运行与保护·····	497
第四节	软起动器的应用基础·····	500
第五节	典型软起动器的技术数据·····	523
第十二章	电气设备的计划管理和大修工艺的编制·····	534
第一节	电气设备的计划管理·····	534
第二节	电气设备复杂系数的计算·····	538
第三节	设备事故处理·····	544
第四节	大修方案的制订·····	547
第五节	大修工艺编制·····	551
第十三章	触摸屏的应用·····	557
第一节	触摸屏的基础知识·····	557
第二节	触摸屏的基本操作·····	566
第三节	触摸屏 GOT 的运行·····	586
参考文献	·····	590

第一章 基础知识

第一节 维修电工常用计算公式及基本规律

一、直流电路计算公式

直流电路计算公式见表 1-1。

表 1-1 直流电路计算公式

名称	定义	公 式	备注
电流	电 荷 的 定 向 运 动 称 为 电 流。 在 金 属 导 体 中，电 流 是 电 子 在 外 电 场 作 用 下 有 规 则 运 动 形 成 的。液 体 或 气 体 中，电 流 则 是 正 离 子 或 负 离 子 在 电 场 力 作 用 下 有 规 则 运 动 形 成 的	$I = \frac{Q}{t}$	I ——电流， 单位为安培， 简称安 (A) Q ——电量， 单位为库仑， 简称库 (C) t ——时间， 单位为秒 (s)
电压	电 场 力 把 单 位 正 电 荷 从 电 场 中 a 点 移 动 到 b 点 所 做 的 功 在 数 值 上 等 于 a 、 b 两 点 间 的 电 压	$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q}$	U_{ab} ——电 压，单位为伏 特，简称伏 (V) Q ——电量， 单 位 为 库 (C) W_{ab} ——电 功，单位为焦 耳，简称焦 (J)

(续)

名称	定义	公 式	备注
电阻	导体对电流的阻碍作用称为电阻	$R = \rho \frac{l}{S}$	R——电阻, 单位为欧姆, 简称欧 (Ω) ρ——电阻率, 单位为欧·米 ($\Omega \cdot m$) l——长度, 单位为米 (m) S——导体横截面积, 单位为平方米 (m^2)
电导	电阻的倒数叫做电导	$G = \frac{1}{R}$	G——电导, 单位为西门子, 简称西 (S) R——电阻, 单位为欧 (Ω)
部分电路欧姆定律	在不含电源的部分电路中, 流过电阻 I 与电阻两端的电压 U 成正比, 与电阻 R 成反比	$I = \frac{U}{R}$	I——电流, 单位为安 (A) U——电压, 单位为伏 (V) R——电阻, 单位为欧 (Ω)

(续)

名称	定义	公 式	备注
全电路欧姆定律	在一个闭合电路中, 电流的成与电源的电动势成正比, 与电源内电阻和外电阻之和成反比。这个规律称为全电路欧姆定律	$I = \frac{E}{R + r}$	I——电流, 单位为安 (A) E——电源电动势, 单位为伏 (V) R——外电阻, 单位为欧 (Ω) r——电源内阻, 单位为欧 (Ω)
电功	电流通过不同的负载时, 负载可将电源提供的电能转变成其他形式的能量, 电流就要做功	$W = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$	W——电功, 单位为焦 (J) U——电压, 单位为伏 (V) I——电流, 单位为安 (A) t——时间, 单位为秒 (s) R——电阻, 单位为欧 (Ω)
电功率	把单位时间内电流所做的电功称为电功率, 表示电场的做功快慢	$P = \frac{W}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	W——电功, 单位为焦 (J) U——电压, 单位为伏 (V) I——电流, 单位为安 (A) t——时间, 单位为秒 (s) P——电功率, 单位为瓦特, 简称瓦 (W) R——电阻, 单位为欧 (Ω)

(续)

名称	定义	公 式	备注
电阻串联	把两个或两个以上的电阻, 一个地连成一个地串, 只通一条电流的连接方式叫做电阻的串联	$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$	R ——总电阻, 单位为欧 (Ω) $R_1, R_2, R_3, \cdots, R_n$ ——串联的分电阻, 单位为欧 (Ω)
电阻并联	把两个或两个以上的电阻并列地接在每两个端点之间, 使每个电阻承受相同的电压的连接方式叫做电阻的并联	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$	R ——总电阻, 单位为欧 (Ω) $R_1, R_2, R_3, \cdots, R_n$ ——并联的分电阻, 单位为欧 (Ω)
电阻混联	电路中既有串联又有并联的连接方式, 称为混联	$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$	R ——总电阻, 单位为欧 (Ω) R_1, R_2, R_3 ——分电阻, 单位为欧 (Ω)
分压公式	串联电阻上的电压与其电阻值成正比	$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$ $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$	R_1, R_2 ——串联电阻, 单位为欧 (Ω) U_1, U_2 ——串联电阻上的分电压, 单位为伏 (V) U ——总电压, 单位为伏 (V)

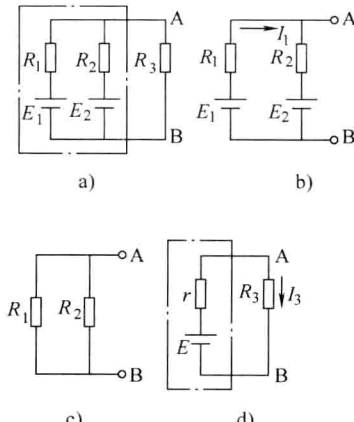
(续)

名称	定义	公 式	备注
分 流 公 式	并联电 阻上的分 电流与其 阻值成反 比	$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$ $I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$	R_1 、 R_2 —— 并联电阻，单 位为欧 (Ω) I_1 、 I_2 —— 并联电阻上的 分电流，单位 为安 (A) I ——总电 流，单位为安 (A)
电 阻 与 温 度 的 关 系	一般的 金属材料， 在温度升 高后，电阻 增大，温度 系数为正值； 而某些半 导体和液 体以及碳 膜电阻， 温度升高 后，电阻减 小，温度系 数为负值	$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 (t_2 - t_1)}$	α ——温度 系数 R_1 、 R_2 —— 电阻，单位为 欧 (Ω) t_1 、 t_2 —— 导体的温度， 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)
电 源 串 联		$E = E_1 + E_2 + E_3$	E ——总的 等效电源电动 势，单位为伏 (V) E_1 、 E_2 、 E_3 ——串联电 源电动势，单 位为伏 (V)
电 源 并 联		$E = E_1 = E_2 = E_3$	E ——总的 等效电源电动 势，单位为伏 (V) E_1 、 E_2 、 E_3 ——并联电 源电动势，单 位为伏 (V)

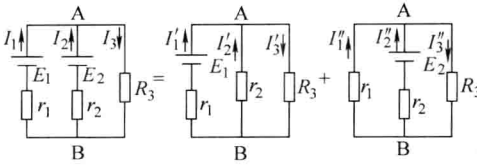
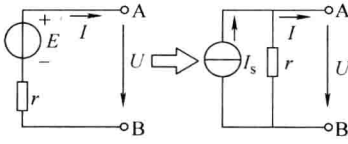
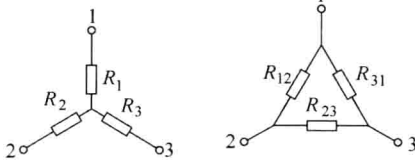
(续)

名称	定义	公 式	备注
电容	任一极板所储电量与两极板间的电压之比。常用这一比值能表征电容器存储电荷的能力,称为电容量	$C = \frac{Q}{U}$	Q——任一极板上的电量,单位为库(C) U——两极板间的电压,单位为伏(V) C——电容量,单位为法拉,简称(F)
电容并联	并联后的等效电容量(总容量)等于各个电容器的容量之和	$C = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n$	C——总的电容量,单位为法(F) $C_1, C_2, C_3, \cdots, C_n$——并联电容,单位为法(F)
电容串联	串联的等效电容量(总容量)等于各个电容器的容量之倒数之和	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$	C——总的电容量,单位为法(F) C_1, C_2, C_3——并联电容,单位为法(F)
基尔霍夫定律(节点电流定律)	电路中任一节点上,流入节点的电流之和等于流出节点的电流之和,或任一节点上,代数和恒等于零	$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \text{ 或 } \sum I = 0$	$\sum I_{\text{入}}$——流入节点的电流之和 $\sum I_{\text{出}}$——流出节点的电流之和 $\sum I$——电流代数和

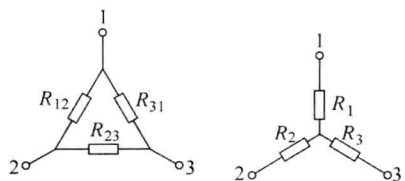
(续)

名称	定义	公 式	备注
基尔霍夫第二定律(回路电压定律)	对于电路中的任意一回路,沿回路方向绕行各段电压的代数和等于零;或者在任一闭合回路中,电阻上的电压代数和等于电动势的代数和	$\sum U = 0$ 或 $\sum IR = \sum E$	$\sum IR$ ——各个电阻上电压的代数和 $\sum E$ ——各个电动势的代数和 $\sum U$ ——各段电压的代数和
戴维南定理	任何一二端线性网络,都可用一个等效电源来代替。等效电源的电动势等于该网络的开路电压,等效电源的内阻等于该网络从端口看进去的电阻	 $E = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} R_2 + E_2$ $r = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	E ——等效电源的电动势 r ——等效电源内阻

(续)

名称	定义	公 式	备注
叠加原理	在线性电路中,任一支路中的电流(或电压)等于各电源单独作用时,在此支路中所产生的电流(或电压)的代数和	 $I_1 = I'_1 - I''_1$ $I_2 = -I'_2 + I''_2$ $I_3 = I'_3 + I''_3$ $U_{AB} = U'_{AB} + U''_{AB}$	I_1 、 I_2 、 I_3 ——各支路电流 I'_1 、 I'_2 、 I'_3 —— E_1 单独作用时,各支路电流 I''_1 、 I''_2 、 I''_3 —— E_2 单独作用时,各支路电流
电源和电源的等效变换	电压源与电流源变换的条件是:电压源与内阻相等,而且电流源的恒定电流等于电压源的短路电流	 $\begin{cases} I_s = \frac{E}{r'} \\ r' = r \end{cases} \quad \begin{cases} E = I_s r' \\ r' = r \end{cases}$	E ——电压源 I_s ——电流源 r ——内阻
电阻的星形联结和三角形联结的等效变换	电阻星形联结转换为三角形联结	 $R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$ $R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$ $R_{31} = R_1 + R_3 + \frac{R_1 R_3}{R_2}$	R_1 、 R_2 、 R_3 ——星形联结的电阻 R_{12} 、 R_{23} 、 R_{31} ——三角形联结的电阻

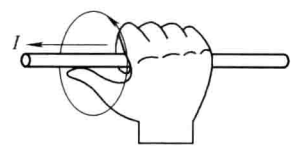
(续)

名称	定义	公 式	备注
电阻的星形联结和三角形联结的等效变换	电阻三角形联结转换为星形联结	 $R_1 = \frac{R_{12}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_2 = \frac{R_{23}R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_3 = \frac{R_{31}R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$	

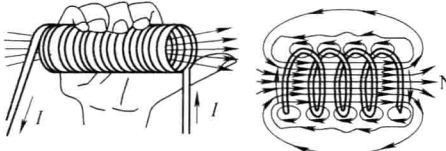
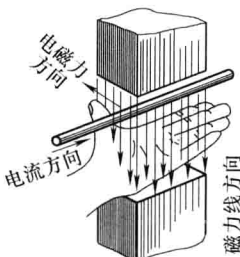
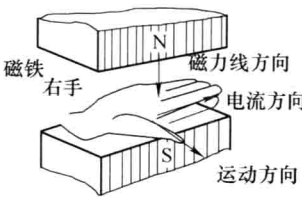
二、电磁感应定律

电磁感应定律见表 1-2。

表 1-2 电磁感应定律

名称	定义	公 式	备注
直导体安培定则	当电流通过直导体时,导体的周围将产生磁场。用右手握住通电直导体,让拇指指向电流方向,则弯曲四指的指向就是磁场方向		用右手握住导线,使拇指指向电流方向,则其余四指所指的方向就是磁力线的方向(磁场方向)

(续)

名称	定义	公 式	备注
螺线管安培定则	当电流通过螺线管时, 螺线管周围将产生磁场。握住螺线管, 让四指指向电流方向, 则拇指所指的方向就是螺线管内部磁场的方向。		用右手握住螺线管, 使四指指向电流方向, 则拇指所指的方向就是螺线管内部磁场的方向。
左手定则	将左手伸平, 让拇指与四指垂直。让磁感线垂直穿过手心, 四指指向电流方向, 则拇指所指的方向就是通电导体在磁场中受力的方向。		左手定则又称为电动机左手定则。它是确定通电导体在磁场中受力时, 磁场方向、电流方向和通电导体的受力方向三者之间的关系规则。
右手定则	伸平右手, 让其余四指与拇指垂直。让磁感线垂直穿过手心, 拇指指向导体运动方向, 则四指所指的方向就是感应电动势或感应电流的方向。		右手定则又称为发电机右手定则。它是表示磁场方向、导体运动方向和感应电动势方向三者之间的关系规则。