

维修电工职业技能培训丛书

维修电工 考级指南

谷俊婷 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

维修电工职业技能培训丛书

维修电工考级指南

谷俊婷 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是根据“维修电工国家职业标准”编写的维修电工职业技能鉴定培训教材。全书共 10 章,内容包括:中级维修电工理论知识鉴定考核要点表、中级维修电工操作技能考核要点表、电工基本理论、常用电工仪表及电工测量技术、电气识图与机床电气图的测绘、供配电电器及线路、电动机、电子线路、电控技术、变频器、可编程控制器、维修电工相关知识、职业技能鉴定国家题库考试样卷、习题及样卷参考答案。

本书可作为国家职业技能鉴定中级维修电工鉴定考核用书,也可作为中、高等职业教育电气、机电专业的教学用书或供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工考级指南/谷俊婷主编. —北京:高等教育出版社,2006.1

ISBN 7-04-018030-8

I. 维... II. 谷... III. 电工-维修-水平
考试-自学参考资料 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 140834 号

策划编辑	李宇峰	责任编辑	许海平	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	王艳红	责任校对	朱惠芳	责任印制	孔源		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 河北新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 24
字 数 580 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 1 月第 1 版
印 次 2006 年 1 月第 1 次印刷
定 价 35.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18030-00

出版说明

为了适应当前社会经济的发展和科学技术的进步,配合最新颁布的维修电工及相关行业国家职业标准与职业技能鉴定规范,高等教育出版社组织有关中等职业学校专家及行业企业工程技术人员对维修电工国家职业标准及职业技能鉴定规范进行了认真的研究与再认识,并进行了广泛的调研。在此基础上,组织编写维修电工职业技能培训丛书。

本次推出的有:《实用电工手册》、《实用电工问答》、《电工常识》、《电气安全》、《电工材料》、《电气照明》、《实用电气线路》、《电气控制与实训》、《电子技术技能训练》、《安装电工实用技术》、《建筑电工实用技术》、《维修电工技能训练》、《电工考级指南》、《维修电工考级指南》、《维修电工技能鉴定考核试题库》等。

维修电工职业技能培训丛书在编写中体现以下特点:

- 贴近岗位。本系列丛书以企业需求为基本依据,加强实践性教学环节,以满足企业的岗位需求作为课程开发的出发点,紧扣国家最新颁布的相关行业岗位的国家职业标准和职业技能鉴定规范,使丛书内容与岗位相衔接。特别注意吸收近年来国内外的最新科技成果,充分体现时代性,努力培养企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者。

- 突出技能。本系列教材立足于实际运用,突出“以就业为导向”、“以能力为本位”的思想,精选从行业岗位提炼出来的案例进行分析训练,并结合行业需要,设计多个综合训练,以培养学生的实践能力和操作技能,适应行业技术发展。

- 理论联系实际。本系列教材力图使教学内容与企业生产现状相符,理论联系实际,讲练结合,学以致用,有利于学习者主动参与到教学活动中,提高学习主动性和操作技能,提高解决实际问题的能力。同时注意深入浅出,图文并茂,加大了实物图和工作流程图比例。

- 适用范围广。本书可作为培训部门、各级职业技能鉴定机构、再就业培训中心的有关岗位培训教材,也可作为各类职业院校、中专、技工学校、短期培训班的培训教材,还可作为相关行业工程技术人员的实用手册。

维修电工职业技能培训丛书将于2006年春季陆续出版,不足之处,敬请广大读者批评指正。

高等教育出版社

2005年7月

前 言

本书是维修电工职业技能鉴定培训教材,也可供相关技术人员参考。

国家劳动法规定“从事技术工种的劳动者,上岗前必须经过培训”。1994年《中共中央关于建立社会主义市场经济体制若干问题的决定》中指出:在我国实行劳动文凭和职业资格两种证书制度。2000年,劳动和社会保障部下发的《招用技术工种从业人员规定》文件中指出:对技术工种从业人员实行就业准入制度。为了推行就业准入制度,各地方政府的劳动部门设立鉴定机构,根据国家统一要求负责对社会从业人员和职业学校的学生进行岗前职业资格证书的考取工作。为了对社会和职业学校学生进行考前培训,我们编写了本培训教材。

本书依据“维修电工国家职业标准”中对中级维修电工的要求,同时兼顾对初级维修电工和高级维修电工的要求,参照“国家维修电工鉴定考核要素细目表”,将有关的理论知识、操作技能,以电气控制系统的结构为主线分为几大模块编写,便于读者在学习时查阅相关内容。在书的最后还附有一套“职业技能鉴定国家题库考试样卷”(中级维修电工),以便读者了解试卷类型和考试方法。

在内容安排上,坚持“考什么、编什么”的原则。在保证知识连贯性的基础上,着眼于操作技能,力求浓缩精炼,突出实用性。在编写方法上,根据本书的读者群——具有一定专业知识的中等专业学校学生和具有一定专业技能的在岗维修电工,主要以复习和综合、强化鉴定要素知识点的方法编写,从而不同于一般的学科教材。本书的几大特点为:

1. 针对维修电工考证,紧扣“维修电工国家职业标准”,习题与技能训练均以试卷的标准格式编写。

2. 模块化结构。将电气控制系统结构中同一环节所涉及的知识,当做一个模块处理,且采用理论知识与技能训练一体化的模式,做到了理论与实践的结合,更有利于提高读者的分析能力。

3. 浓缩精炼,深入浅出。将“国家维修电工鉴定考核要素细目表”中的相关内容,有机地结合在一起形成完整的模块。弱化定量分析,细化技能训练步骤,强调规律性的方法和内容,以点带面。

本书由廊坊职业技术学院谷俊婷主编,王兆义、杨俊峰、李占玲、张华龙、胡海东参编。全书共分为10章:杨俊峰编写第二章,李占玲编写第三章,张华龙编写第一、五、七章,王兆义编写第八章,胡海东编写第九章,谷俊婷编写第四、六、十章及样卷,并负责统稿。

在编写过程中,得到了高等教育出版社、廊坊职业技术学院、廊坊市劳动局有关领导和同志的大力支持与帮助,借本书出版之机,一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足或疏谬之处,欢迎同行、专家、广大读者批评指正。

编者

2005年11月

中级维修电工理论知识鉴定考核要点表

考核范围	考核比重	考 核 要 点	重要程度
电路基础和计算知识	10%	戴维宁定理的内容及应用	掌握
		正弦交流电的解析法、电功率及功率因数的概念和计算方法	掌握
		正弦交流电的图形分析法和相量分析法	熟知
		三相交流电相电流、线电流、相电压、线电压的概念和计算方法	掌握
电工测量技术	10%	电工仪表的基本工作原理	掌握
		电工仪表的使用方法和适用范围	熟知
		单臂电桥、双臂电桥、通用示波器的使用和保养知识	掌握
变压器知识	10%	变压器负载运行的相量图、效率特性	掌握
		变压器负载运行的外特性	熟知
		中、小型电力变压器的构造、各部分的作用	掌握
		三相变压器的联结组标号及并联运行	掌握
		交流电焊机的构造	掌握
		交流电焊机的工作原理	熟知
		中、小型电力变压器的维护方法	熟知
		变压器耐压试验的目的、方法、应注意的问题及耐压试验中绝缘击穿的原因	熟知
		三相绕组的分布及三相旋转磁场产生的条件	掌握
电动机知识	15%	中、小型单速异步电动机定子绕组接线图的绘制方法	掌握
		同步电动机的种类、各绕组的作用及连接	掌握
		同步电动机的构造及一般工作原理	熟知
		直流电动机的种类、构造、换向方法、改善换向的方法、故障排除方法	掌握
		直流电动机的工作原理、运行特性、机械特性	熟知
		测速发电机的构造、用途、分类	掌握
		直流电焊机、整流式直流电焊机的构造	掌握
		直流电焊机、整流式直流电焊机的工作原理	熟知
		整流式直流电焊机的故障排除方法	掌握
		测速发电机的工作原理	熟知
		伺服电动机的构造、作用、分类	掌握
		伺服电动机的工作原理	熟知

续表

考核范围	考核比重	考核要点	重要程度
电动机知识	15%	电磁调速异步电动机的构造	掌握
		电磁转差离合器的工作原理	熟知
		交磁电机扩大机的工作原理及应用知识	熟知
		交流电动机耐压试验的目的、方法、耐压标准范围及试验中绝缘击穿的原因	掌握
		交流电动机耐压试验的耐压标准范围及试验中绝缘击穿的原因	熟知
电器知识	10%	晶体管时间继电器的工作原理及特点	掌握
		晶体管接近开关的工作原理	熟知
		晶体管接近开关的特点	掌握
		额定电压为 10 kV 以下的油断路器、负荷开关、隔离开关、互感器耐压试验的目的、方法及试验中绝缘击穿的原因	掌握
		额定电压为 10 kV 以下的负荷开关耐压试验的耐压标准规范	熟知
		常用低压电器交流灭弧装置的作用与构造	掌握
		常用低压电器交流灭弧装置、直流灭弧装置的灭弧原理	熟知
		接触器、继电器、熔断器的检修工艺和质量标准	熟知
电力拖动自动控制知识	20%	交流电动机起动、正/反转、制动、调速的原理和方法	掌握
		直流电动机起动、正/反转、制动、调速的原理	熟知
		直流电动机起动、正/反转、制动、调速的方法	掌握
		同步电动机起动、制动的原理	熟知
		同步电动机起动、制动的方法	掌握
		机床电气联锁(包括时间联锁及互锁)装置的工作原理	熟知
		机床电气准确停止(包括电气制动和机电定位器制动)的工作原理	熟知
		交磁电机扩大机、直流发电机—电动机、晶闸管一直流电动机自动调速系统的调速方法	熟知
		根据实物测绘较复杂的机床电器设备电气控制线路图的方法	熟知
		5~20t 桥式起重机、T610 型卧式镗床、X62W 型万能铣床、Z37 型摇臂钻床、M7475B 型平面磨床的电气控制原理	掌握
晶体管电路知识	15%	二极管、晶体管的开关特性及其应用知识	掌握
		晶闸管的结构	掌握
		晶闸管的工作原理、型号及参数	熟知
		单晶管触发电路、晶体管触发电路的工作原理	熟知
		单相半波可控整流、单相全波可控整流、三相半波可控整流的工作原理	熟知

续表

考核范围	考核比重	考 核 要 点	重要程度
晶体管电路知识	15%	共发射极放大电路的应用知识	掌握
		反馈电路、振荡电路的应用知识	掌握
		阻容耦合多级放大电路、直接耦合放大电路的应用知识	掌握
		功率放大电路的应用知识	掌握
相关工种工艺知识	5%	常用焊接方法、焊接缺陷及外观检查	掌握
		常用焊接工具的合理使用与维护	熟知
		一般机械零部件测绘制图的方法	熟知
		设备起运吊装知识	熟知
生产技术管理知识	5%	常用电气设备、装置的检修工艺和质量标准	熟知
		节约用电的方法	掌握
		提高用电设备功率因数的方法	掌握

中级维修电工操作技能考核要点表

考核范围	考核比重	考 核 要 点	重要程度
设计、安装与调试	40%	用软线进行较复杂继电 - 接触式基本控制线路的安装与调试	掌握
		用硬线进行较复杂继电 - 接触式基本控制线路的安装与调试	掌握
		用软线进行较复杂机床部分主要控制线路的安装与调试	掌握
		较复杂继电 - 接触式控制线路的设计、安装与调试	掌握
		较复杂分立元件模拟电子线路的安装与调试	掌握
		较复杂带集成块模拟电子线路的安装与调试	掌握
		带晶闸管的电子线路的安装与调试	熟知
		按工艺规程进行 55 kW 以上交流异步电动机的拆装、接线和一般调试	熟知
		按工艺规程进行中、小型多速异步电动机的拆装、接线和一般调试	熟知
		按工艺规程进行 60 kW 以下直流电动机的拆装、接线和一般调试	熟知
		按工艺规程进行 55 kW 以上异步电动机的安装、接线和试验	熟知
		按工艺规程进行中、小型多速异步电动机的安装、接线和试验	熟知
		按工艺规程进行 60 kW 以下直流电动机的安装、接线和试验	熟知
故障检修	40%	检修较复杂机床的电气控制线路	掌握
		检修较复杂机床的模拟电气控制线路	掌握

续表

考核范围	考核比重	考 核 要 点	重要程度
故障检修	40%	检修较复杂继电-接触式基本控制线路	掌握
		检修较复杂电子线路	掌握
		检修 55 kW 以上异步电动机	熟知
		检修中、小型多速异步电动机	熟知
		检修 60 kW 以下直流电动机	熟知
		检修电焊机	熟知
		检修 10 kV/0.4 kV、1000 kV 以下电力变压器	了解
		检修 10 kV 及以下高压互感器	了解
		检修电缆故障	了解
仪器、仪表的使用与维护	10%	功率表的选择、使用及维护	掌握
		直流单臂电桥的使用及维护	掌握
		直流双臂电桥的使用及维护	掌握
		接地电阻测量仪的使用及维护	熟知
		普通示波器的使用及维护	掌握
文明生产	10%	正确遵守各种安全规程	掌握

注:中级维修电工职业技能鉴定考核涵盖初级维修电工职业技能鉴定考核的所有内容,本表仅列出中级维修电工职业技能鉴定考核要点,而不包含初级维修电工职业技能鉴定考核要点。书中第八章、第九章为高级维修电工职业技能鉴定考核内容。

目 录

中级维修电工理论知识鉴定考核

要点表	I
-----------	---

中级维修电工操作技能考核要点表 III

第一章 电工基本理论 1

第一节 电路及其基本概念	1
第二节 磁路及其基本概念	4
第三节 电工的基本定律与定理	7
第四节 正弦交流电路	12
第五节 三相交流电路	18
习题一	22

第二章 常用电工仪表及电工测量技术 28

第一节 电工仪表和电工测量的基础知识	28
第二节 常用电工仪表的一般组成及特点	33
第三节 电压表	36
第四节 电流表	38
第五节 万用表	41
第六节 电阻测量仪表的使用及维护	44
第七节 功率表的结构及使用	47
第八节 电度表	48
第九节 低频信号发生器	50
第十节 通用示波器	51
习题二	55
技能训练一 功率表的选择、使用及维护	60
技能训练二 电度表的选择及安装	63
技能训练三 直流单臂电桥的使用及维护	64
技能训练四 直流双臂电桥的使用及维护	66
技能训练五 接地电阻测量仪的使用及维护	67
技能训练六 低频信号发生器及普通示波器的使用及维护	69

第三章 电气识图与机床电气图的测绘 72

第一节 电气图的组成及分类	72
第二节 电力系统电路图的识图	81
第三节 机床电气控制图的识图与测绘	84

第四节 电力电子线路图的识图	89
----------------------	----

第五节 电子线路图的识图	93
--------------------	----

习题三	96
-----------	----

第四章 供配电电器及线路 98

第一节 变压器基本知识	98
第二节 三相变压器	101
第三节 其它变压器	106
第四节 中、小型变压器的日常维护及检修	113
第五节 高压供配电电器	115
第六节 高压供配电电器的耐压试验	118
第七节 车间电力线路	121
习题四	124

技能训练七 检修旋转式直流手工电弧焊机	131
---------------------------	-----

技能训练八 检修 1 000 kV·A 以下电力变压器	132
-----------------------------------	-----

技能训练九 检修 10 kV 及以下电压互感器	135
-------------------------------	-----

技能训练十 检修电缆故障	136
--------------------	-----

第五章 电动机 139

第一节 三相异步电动机的结构与工作原理	139
---------------------------	-----

第二节 三相异步电动机绕组	142
---------------------	-----

第三节 三相异步电动机的转矩和机械特性	149
---------------------------	-----

第四节 三相异步电动机的维护、修理及试验	155
----------------------------	-----

第五节 直流电动机	161
-----------------	-----

第六节 直流电动机的维护、修理及试验	165
--------------------------	-----

第七节 其它电动机	167
-----------------	-----

习题五	171
-----------	-----

技能训练十一 按工艺规程进行 55 kW 以上交流异步电动机的拆装、接线及调试	176
---	-----

技能训练十二 三相异步电动机定子绕组的	
---------------------	--

重绕	178	起动控制电路	275
技能训练十三 按工艺规程进行 60 kW 以下 直流电动机的拆卸、接线及 调试	182	技能训练二十一 用硬线进行安装和调试断 电延时带直流能耗制动的 Y - Δ 起动控制电路	279
技能训练十四 按工艺规程进行 55 kW 以 上电动机的安装、接线及 实验	184	技能训练二十二 较复杂继电 - 接触器控 制电路的设计、安装及 调试	282
第六章 电子线路	187	技能训练二十三 检修较复杂继电 - 接触式 基本控制电路	286
第一节 模拟电路元器件	187	第八章 变频器	289
第二节 数字电路元器件	193	第一节 变频器的组成	289
第三节 单管交流放大电路	195	第二节 通用变频器功能介绍	295
第四节 双管单级放大电路	197	第三节 变频器功能预置方法	299
第五节 多级放大器	201	第四节 变频器的控制电路	302
第六节 反馈与振荡电路	203	习题八	304
第七节 整流、滤波、稳压电路	206	第九章 可编程控制器	305
第八节 晶闸管触发电路	212	第一节 可编程控制器基础	305
第九节 检测及显示器件	214	第二节 PLC 的编程器件	307
第十节 自动调速系统	214	第三节 FX2N 系列 PLC 的指令系统及编程 方法	310
习题六	218	第四节 编程器的使用	313
技能训练十五 常用半导体器件的测试	226	第五节 可编程控制器的应用	319
技能训练十六 串联稳压电源电路的安装 及调试	228	习题九	321
技能训练十七 带集成块的逻辑测试电路的 安装及调试	232	技能训练二十四 PLC 控制电镀生产线的设 计、安装及调试	322
技能训练十八 单相可控调压电路的安装及 调试	235	第十章 维修电工相关知识	329
技能训练十九 互补对称式 OTL 电路的 检修	238	第一节 钳工有关知识	329
第七章 电控技术	241	第二节 焊接有关知识	334
第一节 低压电器概述	241	第三节 一般零部件测绘制图	337
第二节 常用低压控制电器	242	第四节 设备的起运吊装	339
第三节 主令电器的结构及工作原理	246	第五节 电工材料	340
第四节 接触器	248	第六节 安全及用电知识	343
第五节 继电器	249	第七节 常用电气设备、装置的检修工艺及 维修质量标准	345
第六节 常用低压电器灭弧装置及检修	254	第八节 生产技术管理及文明生产	347
第七节 常用电气控制电路的原理分析	258	习题十	348
第八节 机床电气连锁装置及准确停止 定位装置	264	职业技能鉴定国家题库考试样卷	353
第九节 常用典型生产机械的电气控制 原理及分析	266	试卷一 理论知识标准卷	353
习题七	272	试卷二 理论知识非标准卷	360
技能训练二十 用软线安装和调试通电延时 带直流能耗制动的 Y - Δ		试卷三 技能考核试卷	362
		习题及样卷参考答案	367
		参考文献	371

第一章

电工基本理论

第一节 电路及其基本概念

一、电路与电路模型

1. 电路

电路是指电流通过的路径。电路据其功能分为:电力电路,也称为强电电路,用于实现电能的传输和转换;信号电路,也称弱电电路,用于信号(如语言、音乐、文字、图像、温度等)的传递和处理。

电力电路由电源、中间环节(导线和控制部件)、负载三部分组成。信号电路由信号源、中间环节、负载三部分组成。

电源是将电源能转换成电能的装置,是电路中能量的来源;信号源是将非电信号转换成电信号的装置;负载是将电能转换成非电能并将其输出的装置;导线和开关是把电源与负载连接起来的部分,起传递和控制电能的作用。

2. 电路模型

为了便于分析和研究实际的电路,常用理想电路元件及其组合来代替实际的电路元件,构成与实际电路相对应的电路模型。

二、电路的基本物理量

1. 电流 I

带电粒子(电荷)在电场力的作用下,有规则地定向运动形成电流。电流的强弱用电流强度 I 来度量,数值等于单位时间(1 s)内通过导体某一横截面的电荷量 Q ,即 $I = \frac{Q}{t}$ 。习惯上规定正电荷移动的方向或负电荷移动的反方向为电流的方向(实际方向)。在我国法定计量单位中,电流的单位是安培,简称安(A), $1\text{ A} = 1\text{ C/s}$ 。

在电路中电流的参考方向可以任意选定,用箭头表示。当电流的参考方向与实际方向一致时,电流为正($I > 0$);反之,电流为负($I < 0$)。

2. 电压 U

电场力对电荷做功的能力用电压来度量。 a 、 b 两点间的电压 U_{ab} 在数值上等于单位正电荷在电场力的作用下,由 a 点运动到 b 点电场力所做的功,即 $U_{ab} = \frac{W}{Q}$ (用于直流电路)。电压的方

向规定为由高电位指向低电位。在我国法定计量单位中,电压的单位是伏特,简称伏(V)。

在电路中电压的参考方向可任意选定。当电压的参考方向与实际方向一致时,电压为正($U > 0$);反之,电压为负($U < 0$)。电压的方向可以用箭头表示,也可用“+”、“-”表示。

3. 电位 V

电路中某点的电位是指电场力将单位正电荷从该点移动到参考点所做的功,用 V 表示。为了确定电路中各点的电位,必须在电路中选一个参考点,且令该点的电位为 0。一般用“0”表示。电路中 a、b 点的电压为 $U_{ab} = V_a - V_b$,式中 V_a 、 V_b 分别是 a、b 点的电位,电位与电压的单位相同,即 V。

4. 电位与参考点的关系

① 认定参考点的电位 $V_0 = 0$ V,电路中某点电位高于参考点的电位时,该点的电位为正;低于参考点的电位时,该点的电位为负。

② 电路中其它各点的电位即为该点与参考点间的电位差(电压)。当电位参考点选取后,电路中的任意一点都具有确定的电位(电位的单值性)。

③ 参考点选取不同,各点的电位也不同,但任意两点的电压(即电位差)与参考点选取无关,保持不变。

④ 在同一电路系统中,只能选取一个参考点。

⑤ 在电路分析时,电位相同的各点可用短路线连通。

⑥ 电位参考点的选取在原则上是任选的,但实际上常选大地作为参考点,有些设备的机壳是接地的(在电路图中用“⊥”表示),可选机壳为参考点。

5. 电动势 E

电动势是衡量电源力对电荷做功能力的物理量,用 E 表示。电动势在数值上等于电源力将单位正电荷由低电位点推到高电位点所做的功。一般规定电动势的方向为由低电位点指向高电位点。电动势与电压有相同的单位。

6. 电能 A 和电功率 P

电能 A 是指在 t 时间内电场力所做的功,即:

$$A = UQ = UIt$$

也就是电阻元件在时间 t 内所消耗(吸收)的电能,即:

$$A = UIt = RI^2 t = \frac{U^2}{R} t$$

单位是焦耳(J)。单位时间内消耗的电能称为电功率,即:

$$P = \frac{A}{t} = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

单位是瓦特(W)。工程上用 kW·h(千瓦时)作为电能的单位,俗称“度”。1 度 = 1 千瓦时 = 1 000 W × 3 600 s = 3.6 × 10⁶ J。

三、电路的三种状态

电路一般存在空载、短路和负载三种状态。空载状态即开路状态,负载阻抗为无穷大,通常用空载实验测出电源电动势 E ;短路状态是指负载阻抗为零,负载实验与空载实验一起可测出电源内电阻 R_0 ;电路的以上两种状态都是极端状态,而负载状态则是一般的有载工作状态。电路运行时一般处于负载状态。

1. 负载电路特征

负载电路如图 1-1 所示。

① 电路中的电流： $I = \frac{E}{R + R_0}$

② 电源的端电压： $U_1 = E - R_0 I$

③ 负载的端电压： $U_2 = U_1$

④ 电源的输出功率：

$$P_1 = U_1 I = (E - R_0 I) I = EI - R_0 I^2$$

⑤ 负载吸收的功率： $P_2 = U_2 I = U_1 I = P_1$

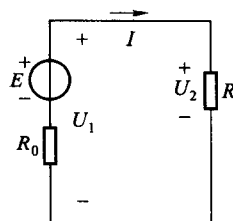


图 1-1 电路的负载状态

2. 额定状态

在实际电路中,每一电路元件在工作时都有一定的使用限额,这种限额值称为额定值。额定值是制造厂综合考虑可靠性、经济性及使用寿命等因素而制定的,它是使用该元件的依据。为了提高电路运行的可靠性、经济性、安全性和使用寿命,最好使电路在额定状态下运行。额定值常用带有下标“N”的字母来表示,如 U_N 、 I_N 、 P_N 等。

四、电压源和电流源及其等效变换

1. 电压源

一个实际的电源可以用一个电动势 E 和内阻 R_0 相串联的理想元件的组合来代替,这种电源的电路模型称为电压源,如图 1-2 所示。电压源的外特性即 $U = f(I)$ 为:

$$U = E - R_0 I$$

端电压恒定而不受输出电流影响的电压源($R_0 = 0$ 或 $R_0 \ll R$)称为理想电压源。理想电压源的 $R_0 = 0$ 或 $R_0 \ll R$, $U \equiv E$ 。图 1-2 为电压源与外电路的连接(R 是指负载电阻)图。

2. 电流源

一个实际的电源也可用一个电流 I_s 和电阻 R_0 相并联的理想元件的组合来代替,这种电源的电路模型称为电流源,如图 1-3 所示。电流源的输出特性为:

$$I = \frac{E}{R_0} - \frac{U}{R_0} = I_s - \frac{U}{R_0}$$

输出电流恒定而不受负载变化的电流源称为理想电流源,理想电流源的 $R_0 = \infty$ 或 $R_0 \gg R$, $I \equiv I_s$ 。图 1-3 为电流源与外电路的连接图。

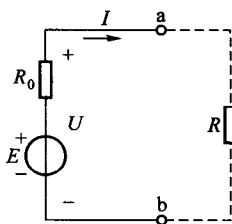


图 1-2 电压源与外电路的连接

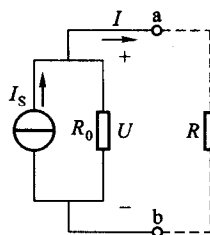


图 1-3 电流源与外电路连接

3. 电流源与电压源的等效变换

电压源与电流源的外特性是相同的,因此电压源与电流源之间可以互相等效变换。等效变

换的条件为:内电阻相等,即 $R_0 = R_s$, 且 $I_s = \frac{E}{R_0}$ 。等效时应注意以下几点:

- ① 电压源与电流源是同一电源的两种不同的电路模型。
- ② 变换时两种电路模型的极性必须一致,即电流源流出的一端与电压源的正极端相对应。
- ③ 这种等效变换,是对外电路而言,在电源内部是不等效的。
- ④ 理想电压源与理想电流源间不能进行等效变换。

⑤ 在变换中, R_0 不限于内阻,而可扩展至任一电阻,凡是电动势为 E 的理想电压源与某电阻 R 串联的有源支路,都可以变成电流为 I_s 的理想电流源与电阻 R 并联的有源支路,反之亦然。

其相互变化的关系是 $I_s = \frac{E}{R}$ 。

第二节 磁路及其基本概念

一、磁现象

把具有吸引铁、镍、钴等物质的性质称为磁性。具有磁性的物体称为磁体。使不带磁性的物体具有磁性称为磁化。磁体上磁性最强的区域称为磁极。磁体的磁极都接近于磁体的两端。任何磁体都具有两极,北极(N极)和南极(S极)。磁极间具有同极性相斥、异性性相吸的特性。

二、磁场与磁感线

磁体间相互吸引或排斥的力称为磁力。磁体周围存在磁力作用的区域称为磁场。通常规定在磁体外部,磁感线由N极指向S极;在磁体内部磁感线由S极指向N极;磁感线切线方向表示该点的磁场方向,其疏密程度表示磁场的强弱程度。

三、电流的磁场

电流的周围存在着磁场,这种现象称为电流的磁效应。通电导体产生的磁场方向可以用安培定则来判断。判断方法如下:

1. 通电直导线的磁场

用右手握住通电导体,让拇指指向电流方向,则弯曲四指的指向就是磁场方向。

2. 通电线圈磁场

用右手握住线圈,弯曲四指指向线圈电流方向,则拇指方向就是线圈内部的磁场方向。

四、磁场的基本物理量

1. 磁通 Φ

把垂直穿过磁场中某一截面的磁感线条数称为磁通或磁通量,用字母 Φ 表示,单位为韦伯(Wb),简称韦。它反映了磁场中这一截面上磁场的强弱。

2. 磁感应强度 B

单位面积上垂直穿过的磁感线数称为磁通密度,也称为磁感应强度,用 B 表示。单位为特

斯拉,简称特(T)。其方向为磁场的方向, $B = \Phi/S$ 。

3. 磁导率 μ

磁导率是一个用来表示介质对磁场影响的物理量。不同的介质磁导率也不同。单位为亨/米(H/m)。由实验得真空中磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m,为常数。其它介质的磁导率 μ 可采用与 μ_0 的比值来表示,称为相对磁导率,用 μ_r 表示, $\mu_r = \mu/\mu_0$ 。

4. 磁场强度 H

磁场中某点的磁感应强度 B 与介质磁导率 μ 的比值称为该点的磁场强度。用 H 表示,即 $H = \frac{B}{\mu}$ 。它的方向和所在点的磁感应强度方向一致,单位为安/米(A/m)。

五、磁场对电流的作用(左手定则)

通电导体在磁场中所受的作用力称为电磁力,用 F 表示。实验证明:当直导体和磁场垂直时,电磁力的大小与直导体电流大小成正比,与直导体在磁场中的有效长度所在位置的磁感应强度成正比,即 $F = BIl$ 。通电直导体在磁场中的受力方向可用左手定则来判断,即将左手伸平,拇指与四指垂直并在一个平面上,该磁感线垂直穿过掌心。四指指向电流方向,则拇指所指的方向就是导体受力方向。当通电导体和磁场平行时,导体受到的电磁力为0。

六、电磁感应

变化的磁场能在导体中产生感应电动势,这种现象称为电磁感应。由电磁感应产生的电动势称为感应电动势,由感应电动势引起的电流称为感应电流。

1. 导体中的感应电动势

直导体相对于磁场运动而切割磁感线时,在导体中将产生感应电动势。直导体中感应电动势的方向用右手定则来判断。当导体运动方向与磁感线平行时,导体两端感应电动势为0。

2. 右手定则

伸平右手,拇指与其余四指垂直,让磁感线垂直穿过掌心,拇指指向导体运动方向,四指的方向便是感应电动势或感应电流的方向。

3. 线圈中的感应电动势

如果把直导体回路看成一匝线圈,则电磁感应的实质是:穿越线圈回路的磁通发生变化时,线圈两端就产生感应电动势。感应电动势的方向由楞次定律来决定。

4. 楞次定律

感应电流产生的磁通总是阻碍原磁通的变化。也就是说,当线圈中的磁通增加时,感应电流产生的磁通与原磁通方向相反,而当线圈中磁通减小时,感应电流产生的磁通与原磁通方向相同。

七、铁磁性材料及其磁性能

1. 铁磁性材料

相对磁导率 $\mu_r \gg 1$ 的材料称为铁磁性材料。主要有铁、钴、镍及它们的合金和氧化铁。

2. 铁磁性材料的磁化

(1) 磁畴

根据物质结构理论,铁磁性材料内部存在一个个具有磁性的小区域,称为磁畴。在无外磁场作用时,一般磁畴的排列杂乱无章,它们的磁性互相抵消,对外不显磁性。

(2) 铁磁材料的磁化

当有外磁场作用时,各磁畴受外磁场的磁力作用,方向趋向一致,对外显示磁性,这时称为铁磁材料被磁化了。

3. 磁化曲线和磁滞回线

铁磁性材料的磁化特性可通过磁化曲线和磁滞回线来说明。

(1) 磁化曲线

是指铁磁材料中的磁感应强度 B 随外加磁场强度 H 变化而变化的曲线,如图 1-4 所示。 B_s 为饱和磁感应强度。

(2) 磁滞回线

实验表明如铁心线圈中通以交流电,则铁心受到交变的磁化。铁磁性材料在交变磁化过程中的 $B-H$ 关系曲线如图 1-5 所示,称为铁磁性材料的磁滞回线。其中 B_s 为饱和磁感应强度, B_r 为剩磁, H_c 为矫顽磁力, H_m 为外加最大磁场强度。

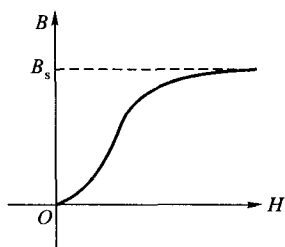


图 1-4 磁化曲线

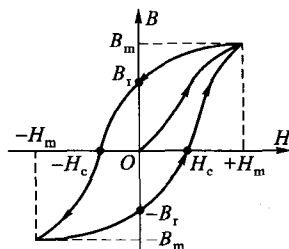


图 1-5 磁滞回线

4. 铁磁性材料的磁性能

(1) 高导磁性

铁磁材料的磁导率均较高。

(2) 磁饱和性

当外加磁场强度 H 到达一定值后,铁磁材料内部的磁感应强度 B 不再增加。

(3) 磁滞性

磁感应强度 B 的变化总是落后于磁场强度 H 的变化,这种现象称为磁滞现象。

(4) 剩磁性

试验表明,当磁场强度 H 增加时,磁感应强度 B 也沿着某一曲线增加;当磁场强度 H 减小时,磁感应强度 B 并不沿着原曲线回降,当 H 减小到零时, B 并不等于零而仍保留一定的磁性,这部分剩留的磁性称为剩磁。

5. 磁性材料的种类

(1) 软磁材料

软磁材料的剩磁和矫顽磁力较小,磁滞回线形状较窄,但磁化曲线较陡,即磁导率高,适宜做变压器、电机和各种电器的铁心。