



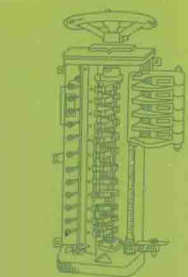
跟高手全面学会 **电工电子** 技术

轻松看懂 电动机 控制电路

张伯虎 主 编
孙险峰 王刚刚 副主编



一看就懂 一学就会



化学工业出版社

高手为你答疑解惑

零基础学会电工电子技术

先人一步轻松上岗走上成才路



跟高手全面学会 **电工电子技术**

轻松看懂 电动机 控制电路

张伯虎 主 编

孙险峰 王刚刚 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从实用角度出发,将电动机基本控制电路和整机控制电路结合在一起,系统的讲解了各种电动机的控制电路。主要包括单相交流电路、三相交流电路、电气图的组成及常用符号、电气图的基本表示方法与识图、低压电器器件与故障维修,单相电动机控制器件与控制电路、三相交流电动机控制电路、直流电动机控制电路、电动机变频器应用控制电路、变频器的维护与保养等;组合电路控制分析篇讲解了桥式起重机电气控制、搅拌机电气控制电路、塔式起重机控制电路分析、卧式车床的电气控制线路、万能外圆磨床电路各电路工作过程分析、立式摇臂钻床电路分析、牛头刨床电气电路分析、滚齿轮机床电气控制电路分析、万能铣床电路分析、卧式镗床的电气控制线路分析、用 PLC 改造继电器控制线路等内容。

本书内容翔实、知识面广、注重实际应用、图文并茂,可供电气技术人员、电气工人、维修电工人员、工厂及农村电工以及电气爱好者阅读,也可作为再就业培训、职业高职高专和中等教育以及维修短训班作教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

轻松看懂电动机控制电路/张伯虎主编. —北京:
化学工业出版社, 2014.4

(跟高手全面学会电工电子技术)

ISBN 978-7-122-19861-7

I. ①轻… II. ①张… III. ①电动机-控制电路
IV. ①TM320.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 034362 号

责任编辑:刘丽宏
责任校对:吴静

文字编辑:吴开亮
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13½ 字数 366 千字 2014 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着科学技术的日新月异,电工电子技术不断融合,电工、电子技术已成为日常生活和工业、科技不可或缺的一部分,只要涉及到用电的地方,就有电工、电子技术存在。同时大量新工艺、新技术的电子电气产品不断涌现,不仅带动了电子电气工业生产、维修等行业的发展,也为社会创造了许多就业机会。

“家有万贯,不如一技在身”。很多人非常想学好电工电子技术,但由于种种原因,常常望而却步。为了让初学者能轻松掌握电工或电子技术,快速上岗,胜任工作,让有技术基础的人员能全面学会电工电子技术,争当技术能手、高手,我们组织电工电子领域有丰富实践经验的技术高手编撰了这套《跟高手全面学会电工电子技术》丛书(以下简称《丛书》)。

《丛书》基础起点低,语音通俗易懂,力求用图、表说话,分册涵盖了从电工基础识图、高低压电工到电子技术、电气维修等相关实用技术内容,主要包括《轻松掌握家装电工技能》、《轻松掌握汽车维修电工技能》、《轻松掌握维修电工技能》、《轻松掌握高压电工技能》、《轻松掌握低压电工技能》、《轻松掌握电动机维修技能》、《轻松看懂电动机控制电路》、《轻松看懂电子电路图》、《轻松掌握电子元器件识别、检测与应用》、《轻松掌握电梯安装与维修技能》,帮助读者轻松、快速、高效掌握电工电子相关知识和技能。

本书为《轻松看懂电动机控制电路》分册。

本书将电动机基本控制电路和整机控制电路结合在一起,分为三篇:电路基础篇、单元电路识图篇、组合(整机)电路控制分析篇,电路基础篇主要讲解了电路基础知识、单相交流电路、三相交流电路、电气图的组成及常用符号、电气图的基本表示方法与识图、低压电器器件与故障维修等内容;单元电路识图篇讲解了单相电动机控制器件与控制电路、三相交流电动机控制电路、直流电动机控制电路、电动机变频器应用技术、变频器应用控制电路、变频器的维护与保养等内容;组合电路控制分析篇讲解了桥式起重机电气控制、搅拌机电气控制电路、塔式起重机控制电路分析、卧式车床的电气控制线路、万能外圆磨床电路各电路工作过程分析、立式摇臂钻床电路分析、牛头刨床电气电路分析、滚齿机床电气控制电路分析、万能铣床电路分析、卧式镗床的电气控制线路分析、用 PLC 改造继电器控制线路等内容。

全书涉及面广、不求太深、旨在实用。在编写过程中,力争内容实际、不追求修饰词语、尽量使读者看得懂、能接受、消化得了,从而更贴近实际工作的需要。可供电气技术人员、电气工人、维修电工人员、工厂及农村电工以及电气爱好者阅读,也可作为再就业培训、职业高职高专和中等教育以及维修短训班作教材使用。

本书由张伯虎主编,孙险峰、王刚刚副主编,参加本书编写的还有张伯龙、曹振宇、张亚昆、张海潮、杨文杰、韩思佳、刘辉、周沛生,全书由张伯虎审核。

由于编者水平有限,书中有不足之处难免,敬请批评指正。

编者

目录

第一篇 电路基础

第一章 电路基础 2

第一节 直流电路	2
一、直流电路的分析方法	2
二、基尔霍夫定律及其应用	5
第二节 电、磁与电磁感应	7
一、基本物理量	7
二、磁性材料及磁路	8
三、电磁感应	11
四、自感	12
五、互感	13
第三节 单相交流电路	14
一、正弦交流电的三要素	14
二、正弦交流电的分析方法	16
三、几种典型的单相交流电路	18
第四节 三相交流电路	23
一、对称的三相交流电路	24
二、三相电源供电方式	24
三、三相负载的接线方式	24
四、三相负载功率计算	26
第五节 电气图的组成及常用符号	27
一、电气图的组成	27
二、电气常用图形符号和文字符号	28
第六节 电气图的基本表示方法与识图	33
一、电气图的基本表示方法	33
二、识读电气图的基本要求和步骤	36

第二章 常用低压控制器件 39

第一节 低压控制器件的分类与标号	39
一、低压控制器件的分类	39
二、低压控制器件代号	39

第二节 低压电器器件与故障维修	40
一、熔断器	40
二、刀开关	42
三、中间继电器	44
四、热继电器	46
五、低压断路器	48
六、交、直流接触器	50
七、时间继电器	55
八、按钮	57
九、凸轮控制器	59
十、频敏变阻器	60
十一、行程开关	61
十二、电磁铁	63

第二篇 单元电路识图

第三章 单相电动机控制器件与控制电路 68

第一节 单相异步电动机启动元件	68
一、离心开关	68
二、启动继电器	69
三、启动、运转电容器	70
四、PTC 启动器	71
第二节 单相电动机控制电路	72
一、单相电动机的运行方式	72
二、单相异步电动机正反转控制电路	74
三、单相异步电动机调速控制电路	77

第四章 三相交流电动机控制电路 80

第一节 三相交流电动机的启动控制线路分析	80
一、直接启动控制线路分析	80
二、降压启动控制线路分析	81
第二节 三相异步电动机正反转控制线路分析	84
一、三相异步电动机正反转线路分析	84
二、正反转自动循环线路分析	85
第三节 点动控制和联动控制线路分析	85
一、点动控制线路分析	85
二、联锁或互锁线路分析	86
三、多点控制线路分析	87
四、工作循环自动控制分析	87
第四节 电动机的调速控制	88
一、双速电动机高低速控制线路分析	88
二、多速电动机控制线路分析	89

第五节 电动机制动控制线路分析	92
一、能耗制动控制线路分析	92
二、反接制动控制线路分析	92
第六节 绕线转子异步电动机控制电路	94
一、绕线转子异步电动机自动控制线路分析	94
二、绕线转子异步电动机的正反转及调速控制线路	94
第七节 三相异步电动机保护方式及电路	95
一、保护方式	95
二、保护电路分析	96

第五章 直流电动机控制电路 98

第一节 直流电动机的启动与制动控制电路	98
一、串励直流电动机控制电路	98
二、并励直流电动机控制电路	98
三、直流电动机保护电路	100
第二节 电气控制自动调速系统	100
一、直流发电机-电动机系统	100
二、电机扩大机的自动调速系统	101
三、晶闸管-直流电动机调速	103
四、开环直流电机调速器	106
五、闭环直流调速器	108

第六章 电动机变频器应用技术 112

第一节 通用变频器的基本结构原理	112
一、变频器基本结构	112
二、通用变频器的控制原理及类型	113
第二节 几种常见通用变频器的接线	116
一、欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器的接线	116
二、欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器控制回路端子的排列	116
三、欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器主回路端子接线	116
四、欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器控制回路端子接线	128
五、欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器接线检查	134
六、欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器选购卡的安装与接线	134
七、安邦信 AMB-G9 端子排的排列	139
八、安邦信 AMB-G9 各回路端子功能	140
九、安邦信 AMB-G9 标准接线	141
十、艾默生 TD1000 主回路输入输出端子	142
十一、艾默生 TD1000 控制板端子	143
十二、艾默生 TD1000 基本配线	144
十三、中源矢量变频器主回路端子接线	145
十四、中源矢量变频器控制回路端子接线	145
十五、中源矢量变频器总体接线	146
第三节 变频器应用控制电路	147

一、变频器的基本控制功能与电路	147
二、起重机械专用变频器电路分析	150
三、车床变频调速系统电路分析	151
四、龙门刨床控制电路分析	153
五、风机变频调速电路分析	155
六、变频器一控多电路分析	155
第四节 变频器的维护与保养	157
一、通用变频器的维护保养	157
二、通用变频器的基本检测	161
三、常见主流变频器故障诊断和处理措施	164

第三篇 组合电路控制分析

第七章 组合控制电路分析	170
---------------------------	------------

第一节 桥式起重机电气控制	170
一、主电路分析	170
二、控制电路分析	172
三、桥式起重机常见故障	172
第二节 搅拌机电气控制电路	173
一、主电路分析	173
二、控制电路分析	173
第三节 塔式起重机控制电路分析	174
一、主电路分析	174
二、控制电路分析	175
三、塔式起重机供电	177
第四节 卧式车床的电气控制线路	177
一、主电路分析	177
二、C616 卧式车床控制电路分析	179
三、C616 卧式车床照明和显示电路分析	179
第五节 万能外圆磨床电路各电路工作过程分析	179
一、主电路分析	180
二、液压泵电动机控制分析	181
三、头架电动机控制分析	181
四、内、外圆砂轮电动机控制分析	181
五、冷却泵电动机控制分析	181
第六节 立式摇臂钻床电路分析	181
一、主电路电动机分析	183
二、主电路电源分析	183
三、主轴电动机的控制分析	183
四、立柱、主轴箱的松开和夹紧控制分析	184
五、冷却泵电动机 M_4 的控制分析	184
第七节 牛头刨床电气电路分析	184
一、主电路分析	184

二、控制电路分析	185
三、工作照明电路分析	185
第八节 滚齿轮机床电气控制电路分析	185
一、Y3150 型滚齿轮机床主电路分析	186
二、Y3150 型滚齿轮机床控制电路分析	186
三、Y3150 型滚齿轮机床冷却泵电动机的控制分析	186
第九节 万能铣床电路分析	186
一、主电路分析	187
二、主轴电动机电路分析	187
三、进给运动的电气控制分析	187
四、快速行程的电气控制分析	189
五、主轴上刀制动的控制分析	189
六、圆工作台的回转控制分析	190
七、电气线路的联锁和保护分析	190
第十节 卧式镗床的电气控制线路分析	190
一、主电动机的启动控制分析	191
二、主电动机的反接制动控制分析	192
三、主轴或进给变速时主电动机的瞬时点动控制分析	192
四、主轴箱、工作台或主轴的快速移动分析	193
五、主轴进刀与工作台互锁分析	193
第十一节 用 PLC 改造继电器控制线路	193
一、指令模拟继电器控制系统的编程方法	193
二、梯形图仿真继电器控制电路	194
三、Z3050 型摇臂钻床的电机 PLC 改造控制	195
四、T68 镗床的电机 PLC 改造程序	199
五、X62W 万能铣床的电机 PLC 改造程序	203
参考文献	208

电路基础

第一篇

电路基础 第一篇

电路基础 第一篇

电路基础

电路基础 第一篇

电路基础 第一篇

电路基础 第一篇

电路基础 第一篇

电路基础 第一篇

电路基础 第一篇

电路基础 第一篇

电路基础 第一篇

电路基础 第一篇

电路基础 第一篇

电路基础 第一篇

电路基础

第一节 直流电路

一、直流电路的分析方法

直流电路可分为简单直流电路和复杂直流电路。分析直流电路的主要方法，有欧姆定律、基尔霍夫定律、重叠原理、戴维南定理、支路电流法、节点电压法等。这些定理方法，也适用于交流电路，但是交流电路的分析计算是采用几何运算，就是应用相量的运算或符号法，在电路的分析运算过程中，着重解决电路中电流、电压、功率等电气量间的关系。所以，下面重点介绍交流和直流电路的共性部分，例如，电路的等效化简，串联、并联、混联电路的特点等。

1. 串联电路的特点

- (1) 串联电路，电路中电流处处相等。
- (2) 串联电路的总电阻等于各段电路的电阻之和。
- (3) 串联电路的分压比等于该段电路的电阻和总电阻之比。
- (4) 串联电路的总电压等于各段电压之和。

2. 并联电路的特点

- (1) 并联电路的总电压等于各支路的电压数值。
- (2) 并联电路的总电流等于各支路电流之和。
- (3) 并联电路的总电阻的倒数等于各支路电阻倒数之和。
- (4) 并联电路的支路电流与该支路电阻成反比。

3. 混联电路的特点

混联电路又称复联电路，是在电路中同时存在着串联和并联部分的混合电路。因此，分析解决混联电路，实际上就是先解决电路的串联、并联部分，最后根据电路总体结构，求出总电路及各部分的未知量。

4. 对电路进行等效化简常用的方法及基本规律

(1) 常用的方法是进行电路的等效化简，要依据电路串、并联的特点，对电路加以分析，把电路中多分支的部分，应用等效电阻来代替，使电路成为无分支电路。简单说，应串联的

部分要串联相加,应并联的要进行并联计算,然后,用一个等效电阻代替。这样,可使电路由多分支电路变成无分支电路,然后,应用欧姆定律求解电路中的未知量。

另外一种方法是等效电源法。这种方法是根据有源二端网络定理又叫等效电源定理对电路进行等效化简的,这种方法适用于多电源的复杂电路。

常用于交、直流电路中网络等效化简的方法是星-三角等效变换法。

总之,上述各种方法可根据不同形式的电路采用相适应的方法对电路进行等效化简,以求出电路中的未知量。

(2) 简单直流电路可以用串、并联的方法进行化简,化简直流电路的规律如下。

① 首先分析电路的并联部分,把几个并联电阻进行电阻并联的计算,计算结果是其等效电阻的阻值比阻值最小的支路电阻还小。

② 如果 n 个电阻并联,电阻阻值都相等,则等效电阻的阻值等于其中一个电阻阻值的 $\frac{1}{n}$ 。

③ 在几个并联电阻中,如果其中一个支路的电阻为 0,则等效电阻等于 0。

④ 两个电阻并联,如阻值相等,可用其中一个电阻阻值的 $\frac{1}{2}$ 代替;如果其中两个电阻不等而且阻值相差很大, $R_1 \ll R_2$, 则可认为等效电阻等于 R_1 。

⑤ 在对电路进行等效化简的过程中,如果已知某支路的电流等于零,可以将该支路去掉使电路大大简化。

⑥ 如果已知电路中任意两点的电位相等,可以用导线连起来看成一个点,化简后比较容易的部分用串、并联电路的特点,应用欧姆定律求解电路。

(3) 欧姆定律的应用方法。欧姆定律是分析和计算简单直流电路的基本定律,通过欧姆定律揭示了电路中电源电动势、负载端电压、电源内阻以及负载电阻和电流等物理量之间的相互关系。

例如,对于一个闭合电路,已知电源电动势 E 和电源内阻 R_0 及负载电阻 R , 则可根据全电路欧姆定律求出电路的电流,也可以求出各段电路的电压降。对于一个无源二端网络,可以应用部分电路的欧姆定律,根据电流、电压与电阻三者之间的关系来求出未知量。

此外,在直流电路中,功率等于电压乘以电流,即

$$P = UI$$

也可以根据欧姆定律的关系,在任意已知几个量的条件下,求出未知量。例如,已知电路的电流与电阻,功率可以用公式

$$P = I^2 R$$

表示。如果已知电路的端电压和电阻,则功率也可表示为

$$P = \frac{U^2}{R}$$

所以,可根据上式求出电路的电阻 R , 即已知电路的电压和功率则电阻 R 为

$$R = \frac{U^2}{P}$$

因此,欧姆定律是电路分析中的主要定律。

(4) 电流的热效应存在于交、直流电路中。电流的热效应常常应用于生产和生活中,例如,电炉的应用、电加热等。众所周知,电流的热效应可用公式为

$$Q = I^2 R t$$

式中 Q ——电流通过导体时产生的热量, J;

R ——导体的电阻, Ω ;

I ——流过导体的电流, A;

t ——导体中通过电流的时间, s。

由上式可以看出：导体产生的热量，与导体的电阻和电流流过的时间成正比，与流过导体电流的平方成正比。

在运行中，导体的热损失越小越好，因此，选择导线电阻越小，则功率损失也越小。而且在某些电气设备运行过程中，由于导线或电气设备的连接部分存在着接触电阻，这样，通过较大的负荷电流或在较长的工作时间的条件下，也可能使导体或电气设备的发热超过允许值。这样就需要对电气设备和电气线路进行巡视检查，而且要经常解决和处理设备或导体发热的问题以保证电气设备和电气线路的安全运行，同时也降低了线路的功率损耗。

(5) 应用星-三角变换法对电路进行等效化简。星-三角变换法的原则是等效。为了电路计算简化，可以把原为星形连接的电路转换成等效三角形，也可把原为三角形连接的电路变为等效星形。即电路等效化简后，对电路未进行变换的部分没有影响。也就是说，对电路的A、B、C三相之外的电路，无论是各点之间的电压或支路中的电流都不受影响。

具体方法简述如下。

图 1-1 所示是星形接线，电阻分别为 R_A 、 R_B 、 R_C 。

图 1-2 所示是三角形接线，电阻分别为： R_{AB} 、 R_{BC} 、 R_{CA} 。实际上，在电路中经常出现这些电路的形式，有时是几种电路的组合。

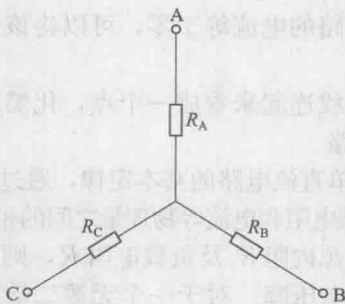


图 1-1 星形接线

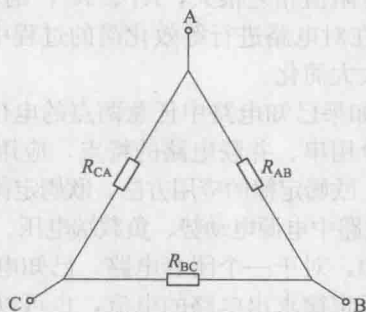


图 1-2 三角形接线

在电力供电系统中，三相交流电力网的连线常常是以三角形或星形的形式出现的。不过在电力网中常把星形接线看成为“T”形接线，而把三角形接线看成为“π”形接线。因此，这种星-三角等效变换法也适用于交流电路。

星形连接变换为等效三角形连接，应用以下公式。

$$R_{AB} = R_A + R_B + \frac{R_A R_B}{R_C}$$

$$R_{BC} = R_B + R_C + \frac{R_B R_C}{R_A}$$

$$R_{CA} = R_C + R_A + \frac{R_C R_A}{R_B}$$

三角形连接变换为等效星形连接应用以下公式。

$$R_A = \frac{R_{AB} R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

$$R_B = \frac{R_{BC} R_{AB}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

$$R_C = \frac{R_{CA} + R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

如果星形连接三个电阻阻值相等，则等效三角形的电阻为

$$R_{\Delta} = 3R_V$$

三角形连接三个电阻阻值相等,则等效星形的电阻为

$$R_Y = \frac{1}{3} R_{\Delta}$$

如图 1-3 所示的电路图,要进行电路电流的计算就需要将电路进行化简,求出电路总电阻后,才能计算出电路的电流。

【例 1】图 1-3 电路中,已知: $E = 220\text{V}$, $R_{AB} = 40\Omega$, $R_{BD} = 36\Omega$, $R_{CA} = 50\Omega$, $R_{DC} = 55\Omega$, $R_{BC} = 10\Omega$, 求电路电流。

解:按题意,首先对电路进行等效化简,然后计算电路的总电阻,将图 1-3 电路中 A、B、C 三角形连接的电阻化简成等效星形,如图 1-4 所示。

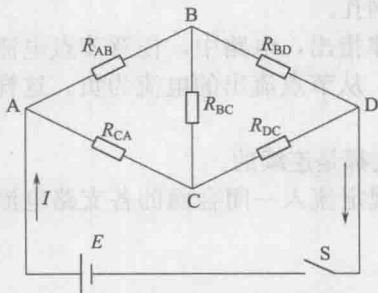


图 1-3 电路图

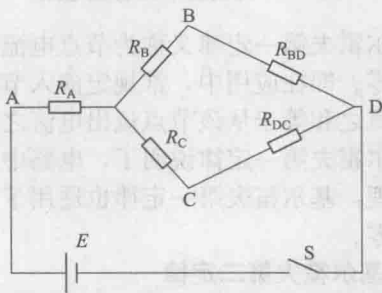


图 1-4 星形-三角形变换之后的电路

三角形变成等效星形按下式计算。

$$R_A = \frac{R_{AB}R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

代入数值为

$$R_A = \frac{40 \times 50}{40 + 10 + 50} = 20\Omega$$

$$R_B = \frac{R_{BC}R_{AB}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}} = \frac{10 \times 40}{40 + 10 + 50} = 4\Omega$$

$$R_C = \frac{R_{CA}R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}} = \frac{50 \times 10}{40 + 10 + 50} = 5\Omega$$

求出总电阻 R

$$R = R_A + \frac{(R_B + R_{BD}) \times (R_C + R_{DC})}{R_B + R_{BD} + R_C + R_{DC}}$$

代入数值为

$$R = 20 + \frac{(4 + 36) \times (5 + 55)}{4 + 36 + 5 + 55} = 24\Omega$$

求电路总电流

$$I = \frac{E}{R} = \frac{220\text{V}}{24\Omega} = 9.17\text{A}$$

二、基尔霍夫定律及其应用

一个电路如果不能用串、并联方法简化成无分支电路,则称为复杂电路。复杂电路不能单靠欧姆定律而需要结合基尔霍夫定律进行分析、计算,基尔霍夫定律普遍应用于交、直流电路,是分析、计算电路常用的基本定律。

1. 基尔霍夫第一定律

图 1-5 所示是一个复杂直流电路。为了说明定律的应用方法,主要介绍一些常用术语。

(1) 支路 电路中, 每个独立的分支称为支路, 如图 1-5 中所示的 ACB、AB、ADB 都是支路。

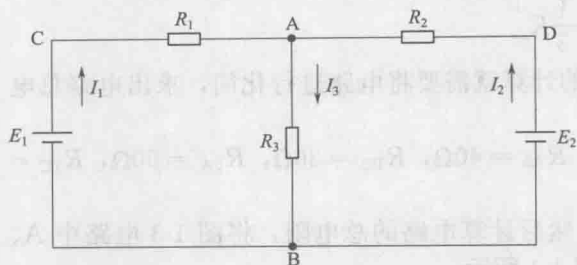


图 1-5 比较复杂的直流电路

(2) 节点 三个及以上支路的连接点称为节点。如图 1-5 中 A、B 点都是节点。

(3) 回路 电路中任一闭合的路径称为回路。如图 1-5 中 ABCA、ABDA、ACBDA 都是回路。

(4) 网孔 电路中没有被支路穿过的独立回路称为网孔。如图 1-5 中 ABCA、ADBA 都是网孔。

基尔霍夫第一定律又称为节点电流定律。第一定律指出, 电路中, 任意节点电流的代数和等于零。即在应用中, 常规定流入节点的电流为正, 从节点流出的电流为负。这样, 流入节点电流之和等于从该节点流出电流之和。

基尔霍夫第一定律说明了, 电路中任何一处的电流都是连续的。

同理, 基尔霍夫第一定律也适用于一个闭合面, 规定流入一闭合面的各支路电流的代数和等于零。

2. 基尔霍夫第二定律

基尔霍夫第二定律又叫回路电压定律。它说明了回路中各电压间的相互关系, 其内容是: 对任一闭合回路而言, 各电阻上电压的代数和等于电动势 (电位差) 的代数和。即

$$\sum IR = \sum E$$

根据这一规律列出的方程式叫回路电压方程式。方程式中各电压和电动势正负号的确定方法如下。

(1) 选定各支路电流的参考方向。

(2) 确定回路的绕行方向 (顺时针或逆时针方向)。为避免计算中出现负号, 通常选电动势大的方向为回路绕行方向。

(3) 确定电压符号。凡与绕行方向一致的电压为正号, 与绕行方向不一致的取负号。

(4) 确定电动势的符号。凡电动势的实际方向与绕行方向一致的取正号, 与绕行方向不一致的取负号。

3. 支路电流法

支路电流法就是以支路电流作为未知量, 根据基尔霍夫定律进行求解的方法。在计算电路的各种方法中, 支路电流法是最基本的方法。

应用支路电流法求解电路时, 通常电路电动势与电阻值都是已知的, 所需求的是各支路电流和电压。其步骤如下。

(1) 先假设各支路电流方向和回路方向。对两个以上电动势回路, 通常取电动势大的方向为回路正方向, 电流方向也可依此选定。

(2) 用基尔霍夫第一定律列出节点电流方程式。一般有 n 个节点只列 $n-1$ 个电流方程。

(3) 用基尔霍夫第二定律列出回路电压方程式。选择合适回路, 常以网孔为宜, 当有 m 条支路时, 应列出 $m-(n-1)$ 个电压方程式。

(4) 代入未知数联立方程式, 求解各支路电流。

(5) 最后确定各支路电流的实际方向。即计算结果是正值时, 实际方向与假定方向相同; 计算结果为负值时, 实际方向和假定方向相反。

【例 2】 如图 1-6 所示, 已知电源电动势 $E_1=130\text{V}$, $E_2=117\text{V}$, $R_1=1\Omega$, $R_2=0.6\Omega$, $R_3=24\Omega$, 求各支路电流 I_1 、 I_2 和 I_3 。

解：假定各支路电流方向和回路方向如图 1-6 中所示。

对节点 A 列出基尔霍夫第一定律方程式

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1)$$

对两个网孔列出基尔霍夫第二定律方程式

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2 \quad (2)$$

$$E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3 \quad (3)$$

将数值代入①②③得

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (4)$$

$$130 - 117 = I_1 - 0.6 I_2 \quad (5)$$

$$117 = 0.6 I_2 + 24 I_3 \quad (6)$$

简化⑤得

$$13 = I_1 - 0.6 I_2 \quad (7)$$

将④代入⑥得

$$117 = 0.6 I_2 + 24(I_1 + I_2) \quad (8)$$

$$117 = 0.6 I_2 + 24 I_1 + 24 I_2$$

$$117 = 24 I_1 + 24.6 I_2 \quad (8)$$

⑦、⑧联立得

$$13 = I_1 - 0.6 I_2 \quad (7)$$

$$117 = 24 I_1 + 24.6 I_2 \quad (8)$$

⑦两端乘以 24 得

$$312 = 24 I_1 - 14.4 I_2 \quad (9)$$

⑧减⑨得

$$-195 = 39 I_2 \quad I_2 = -5 \text{ A}$$

将 I_2 代入⑦得 $I_1 = 10 \text{ A}$ ，将 I_1 、 I_2 代入④得 $I_3 = 5 \text{ A}$ 。

由以上计算 $I_2 = -5 \text{ A}$ ，说明 I_2 实际方向与所选参考方向相反。

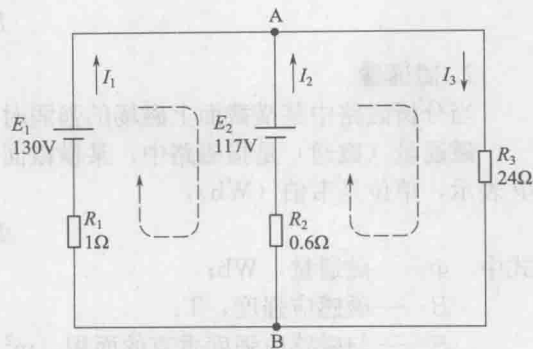


图 1-6 复杂电路

第二节 电、磁与电磁感应

电、磁关系在电路中应用得较广泛，是交流电路中必须掌握的基本定律，在电工学中也有较广泛的应用。高压电工主要应掌握的是电、磁的关系，基本物理量的概念，安培环路定律，左、右手定则，楞次定律，电磁感应定律，交流电路中的专业技术理论如电机学、高压技术等，故该部分以电磁感应为主要内容分别加以介绍。

一、基本物理量

1. 磁感应强度

磁感应强度是描述磁场中各点磁场强弱和作用方向的物理量，即一条单位长度为 L 并与磁场垂直的导体，通过单位电流 1 A ，在磁场中某点所受电磁力的大小称为该点的磁感应强度，用符号 B 表示，单位为特斯拉 (T)。磁感应强度是一个具有方向的量，又称磁通量密度，简称磁密，磁感应强度的方向是小磁针 N 极所指的方向。在实用过程中，常用的磁感应强度单位是高斯 (Gs)，磁场方向与电流方向之间的关系，用右手定则确定。

磁感应强度的单位特斯拉与高斯的关系是

$$1 \text{ T} = 10^4 \text{ Gs}$$

磁感应强度的表示式为

$$B = \frac{F}{IL}$$

2. 磁通量

当分析磁路中某横截面上磁场的强弱时,一般用磁通量这个物理量。

磁通量(磁通)是指磁路中,某横截面 S 与该面相垂直的磁感应强度 B 的乘积,用符号 Φ 表示,单位是韦伯(Wb)。

$$\Phi = BS$$

式中 Φ ——磁通量, Wb;

B ——磁感应强度, T;

S ——与磁感应强度垂直的面积, m^2 。

工程上,磁通的常用单位是麦克斯韦,简称麦(Mx), $1Mx = 10^{-8}Wb$ 。

3. 磁导率

实验证明,通电线圈产生的磁场强弱,不仅与线圈中电流、线圈匝数有关,而且与磁场中的媒介质有关,为了表明媒介质对磁性的影响,引入了磁导率概念。

磁导率是表征媒介质导磁能力的物理量,用字母 μ 表示,单位是亨/米(H/m)。不同的媒介质磁导率也不同,实测得真空中的磁导率为一常数即 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}H/m$,铁磁性材料的磁导率最高,有的是真空的几万倍。

任一媒介质的磁导率与真空磁导率的比值叫做相对磁导率,用字母 μ_r 表示。

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

相对导磁率是一个比值,无单位,表示的意义是:在其他条件相同的情况下,媒介质中的磁感应强度是真空中的 μ_r 倍。

4. 磁场强度

磁感应强度 B 受媒介质影响很大,这样就使问题复杂化了。为了方便起见,引入了磁场强度 H 这个物理量,它在均匀磁场中,不受媒介质的影响。

磁场强度 H 定义为:磁场强度在数值上等于磁场中某点磁感应强度 B 与媒介质磁导率 μ 的比值,即

$$H = \frac{B}{\mu}$$

式中 B ——磁感应强度, Wb/m^2 ;

μ ——媒介质的磁导率, H/m ;

H ——磁场强度, A/m 。

磁场强度 H 也是一个向量,其方向与磁感应强度相同。

二、磁性材料及磁路

1. 铁磁性材料

铁磁性材料是指能够被磁场磁化的材料。铁磁性材料的导磁能力好,是制造电机、电器、变压器及其他电磁元件的良好材料。常用的铁磁性材料主要是铁、镍、钴及其合金。

铁磁性材料具有以下性质。

(1) 导磁性能好 非铁磁性材料的磁导率基本相同,都接近于 μ_0 ,相对磁导率接近于 1;而铁磁性材料的磁导率却很高,其相对磁导率 $\mu_0 > 1$,可达数百、数千甚至数万倍的 μ_0 ,具有可被强烈磁化的特性。