

国网湖北省电力公司 农电用工人员技能提升通关培训教材

农网营销

国网湖北省电力公司农电工作部 组编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国网湖北省电力公司 农电用工人员技能提升通关培训教材

农网营销

国网湖北省电力公司农电工作部 组编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

《农网营销》主要针对农村农网营销用工人员工作岗位能力的实际情况,结合技能提升通关培训的需要进行组编,全书包括三个基本单元共十四章。其中:第一章~第三章为农电用工人员共用基础知识,第四章~第六章为农网配电的相关知识和操作技能,第七章~第十四章为农网营销必备专业知识和基本操作技能。

本教材适用于广大农村电网供电营销专业的工作人员进行岗位能力提升自学,同时也可作为基层农网营销专业培训人员的技能培训参考。

图书在版编目(CIP)数据

农网营销 / 国网湖北省电力公司农电工作部组编

— 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 12

国网湖北省电力公司. 农电用工人员技能提升通关培训教材

ISBN 978-7-5170-2729-4

I. ①农… II. ①国… III. ①农村配电—市场营销学—技术培训—教材 IV. ①F407.615

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第289176号

书 名	国网湖北省电力公司 农电用工人员技能提升通关培训教材 农网营销
作 者	国网湖北省电力公司农电工作部 组编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 24.5印张 612千字
版 次	2014年12月第1版 2014年12月第1次印刷
印 数	00001—11500册
定 价	63.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

国网湖北省电力公司

农电用工人员技能提升通关培训教材

编写委员会

主 任 戴长军

副 主 任 张世强

编 委 周传芳 向保林 高 勇 彭 涛

吴 巍 李东升 魏胜清

主 编 周传芳 向保林

编写成员 周传芳 向保林 李国胜 许珊珊

沈 鸿 吴 琳 彭 涛 吴 巍

李东升 魏胜清 祝红伟 颜 芬

陈晓慧 王新华 李金沙 刘 琪

夏雨涛 孔祥海 杨 军 江雁喆

程荣华 叶 利

前 言

根据国网湖北省公司电司农〔2013〕6号文件的要求，为配合国网湖北公司在全省开展的农电用工人员技能提升通关培训工作（简称通关培训），规范农电用工人员的管理，全面提高我省农电用工人员的整体职业技能素质，在省公司相关部室的主持下，由国网湖北技术培训中心组织编写了这套专用培训教材。

通关培训的原则是以整体提升农电用工人员职业技能水平为核心，将《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》（以下简称《培训规范》）的要求与农电用工人员现状相结合；注重专业分层分类与岗位职业能力培养相结合；坚持理论知识够用与操作技能必备相结合。通过全面展开农电用工人员岗位能力提升的轮训，全面打通农电用工人员成长、成才的通道，在重点提高农电用工人员实际生产操作技能水平的同时，适当提高农电用工人员的岗位职业所需的理论知识水平，进一步促进全省农电用工生产技能人员的职业技能、理论知识整体水平的提升，努力打造一支业务熟练、行为规范、服务优质、作风过硬的农电用工人员队伍。

通关培训教材的编写原则是以《培训规范》33、34（包括：《培训规范》33——农网配电专业；《培训规范》34——农网营销专业）为依据，以电力行业《职业能力鉴定规范》的技能等级要求为基准，在国家电网公司生产技能人员职业能力培训专用教材《农网配电》和《农网营销》的基础上，结合电力生产安全操作规程和标准化作业的要求和农村供电所（站）工作人员岗位的职业能力需求，在充分考虑农电用工人员文化层次的基础上，本教材重点突出岗位必备技能、操作规范、标准化作业及安全生产相关规程规范的要求，以初、中级生产技能人员的基本操作技能要求为主；必备技能以图文并茂的形式，将每个基本操作的过程进行分解，并配以简单的文字说明；对繁琐的理论知识，力求通俗易懂；既可以作为农电用工人员进行通关培训的操作技能培训教材，也可直接为广大农电用工人员自学提供辅导。

根据农电用工人员工作性质的划分，本套《农电用工人员能力提升通关培训教材》包括《农网配电》和《农网营销》两分册，其中，《农网配电》分册适用于农网配电安装施工、运维检修及其他配电辅助作业人员；《农网营销》分册适用于农网营销营业客服、抄表、装表接电及其他营销辅助人员。具体岗位能力提升通关培训要求见各分册的教材附件。

本教材在编写过程中得到国网湖北省电力公司农电部、营销部等相关部室及国网湖北技术培训中心、国网武汉供电公司、国网宜昌供电公司、国网鄂州供电公司、国网黄石供电公司、国网咸宁供电公司的大力支持，编者在此一并致谢。因时间紧迫和水平有限，本教材中难免存在错漏之处，恳请广大读者提出宝贵意见和建议，以便修订时加以完善。

编 者

2014 年 9 月

目 录

前言

第一章 电工基础知识	1
模块 1 电路基本知识	1
模块 2 电路的组成及欧姆定律	3
模块 3 电磁感应	6
模块 4 正弦交流电路基本知识	9
模块 5 交流电路功率及三相交流电	13
第二章 电气识图	24
模块 1 电气图的基本知识	24
模块 2 常用电气图形符号	26
模块 3 电气图的识读	38
模块 4 常用低压电气设备接线图	46
模块 5 电气照明施工图的识读	49
模块 6 配电线路施工图	52
第三章 常用仪表及工具的使用	56
模块 1 万用表、钳形电流表的使用	56
模块 2 绝缘电阻表的使用	61
模块 3 接地电阻测试仪的使用	63
模块 4 常用电工工具的使用	66
模块 5 常用电气安全工器具的使用	71
第四章 常用配电设备	79
模块 1 常用低压电气设备及选择	79
模块 2 配电变压器	93
模块 3 常用高压配电设备	98
模块 4 避雷器及接地装置	118
第五章 配电网及无功补偿	125
模块 1 配电网基本知识	125
模块 2 降低农网线损的管理及技术措施	130
模块 3 无功补偿的原理	139
模块 4 无功补偿后用电计算负荷的确定	142

第六章 配电线路施工	146
模块 1 配电线路施工基本知识	146
模块 2 登高工具及登杆操作方法	163
模块 3 白棕绳绳套及绳扣的制作	171
模块 4 拉线的制作与安装	182
模块 5 导线连接	190
模块 6 低压接户、进户线及安装	204
模块 7 配电线路接地装置及接地安装	211
模块 8 剩余电流动作保护装置的安装与维护	221
第七章 营销信息系统	229
模块 1 营销业务应用系统简介	229
模块 2 营销业务应用系统基本操作	230
第八章 电能计量装置配置	257
模块 1 用户计量方式的选择原则和技术要求	257
模块 2 电能计量装置选配	263
模块 3 用户计量负荷的确定	265
模块 4 电流互感器的选择要求	268
模块 5 电压互感器的选择要求	270
第九章 电能计量装置安装接线检查	272
模块 1 单相电能计量装置的安装接线检查	272
模块 2 直接接入式三相四线电能计量装置的安装接线检查	275
模块 3 经 TA 接入式三相四线电能计量装置的安装接线检查	279
模块 4 装表接电工作结束后竣工检查	284
模块 5 计量装置接线错误时退补电量计算	287
第十章 窃电及违约用电查处	289
模块 1 窃电及违约用电的基本概念	289
模块 2 窃电、违约用电行为的查处规定	292
模块 3 防止窃电的技术措施	295
模块 4 用电设备常见故障、分析及处理	304
第十一章 电能表电量抄读	311
模块 1 电能表电量抄读基本知识	311
模块 2 经互感器接入电能计量装置的抄读	314
模块 3 三相多功能电能表的抄读	318
模块 4 抄表卡、电费通知单的填写	320
模块 5 用电信息采集系统	323

第十二章 电量电费核算	328
模块 1 电价基本知识	328
模块 2 单一制电价用户电费计算方法	331
模块 3 功率因数调整电费计算	333
模块 4 基本电费的计算方法	335
模块 5 两部制电价客户电费计算	338
模块 6 电量电费退补的方法和要求	341
模块 7 电费违约金的相关规定和计算方法	343
第十三章 电费回收	345
模块 1 电费收取方式及回收率的统计规定	345
模块 2 电费实收日报的统计要求	347
模块 3 居民客户拖欠电费的处理规定	349
模块 4 客户缴费及电费发票管理	352
第十四章 营销服务	357
模块 1 营销服务礼仪规范	357
模块 2 营销服务行为规范	365
模块 3 营销服务沟通规范与技巧	371
模块 4 营销服务突发事件处理规范	375
附录	378
附录 1 农网营销专业能力提升通关培训理论知识要求	378
附录 2 农网营销专业能力提升通关培训操作技能培训科目	379
参考文献	381

第一章 电工基础知识

模块1 电路基本知识

一、电流和电阻

(一) 电流

导体中的自由电子，在电场力的作用下作有规则的定向运动就形成了电流。单位时间内通过导体某一截面的电荷量称为电流强度（简称电流），用符号 I 表示，计算式为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中 Q ——通过导线某一截面的电荷量，C；

t ——通过电荷量 Q 所用的时间，s。

电流的单位是安培（A）， $1\text{A}=1\text{C}/1\text{s}$ 。还有毫安（mA）或微安（ μA ）。

$$1\text{A}=1000\text{mA}=1000000\mu\text{A}$$

电流的方向规定为正电荷运动的方向。

(二) 电阻

电流通过导体时所受到的阻力称为电阻。金属导体的电阻与它的几何尺寸、材料有关，可用下式表示

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2)$$

式中 R ——导体的电阻， Ω ；

L ——导体的长度，m；

S ——导体的截面积， mm^2 ；

ρ ——导体的电阻率，指在一定的温度下，长为1m、截面积为 1mm^2 的导体所具有的电阻， $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

电阻的单位还有兆欧（ $\text{M}\Omega$ ）、千欧（ $\text{k}\Omega$ ）、毫欧（ $\text{m}\Omega$ ）、微欧（ $\mu\Omega$ ）。

常用导电材料的电阻率，见表1-1。

表1-1

常用导电材料的电阻率

单位： $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

材料名称	银	铜	铝	低碳钢	铅	铸铁
电阻率（20℃）	0.0165	0.0175	0.0283	0.13	0.20	0.50

【例1-1】求1km长，截面为 25mm^2 的铝导线在20℃时的电阻。

解：

$$R = \rho \frac{L}{S} = 0.0283 \times \frac{1000}{25} = 1.132(\Omega)$$

二、电压、电位、电动势

(一) 电压

电场力把单位正电荷由高电位点移到低电位点所做的功称为这两点间的电压，用 U 表

示。当电荷量为 Q 、所做的功为 W 时，则电压为

$$U = \frac{W}{Q} \quad (1-3)$$

式中 W ——正电荷 Q 由高电位点移到低电位点时所做的功，J；

Q ——正电荷量，C。

电压的电位为伏特 (V)，还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV)。

电压的正方向规定为由高电位点指向低电位点，即电位降的方向。

(二) 电位

如果在电路中选定一个参考点 (即零电位点)，则电路中某一点与参考点之间的电压即为该点的电位。电位的单位也是伏特 (V)，电位通常用 U 或 φ 表示。电场中某两点之间的电位差等于这两点间的电压。

(三) 电动势

电源将单位正电荷由负极移到正极所做的功称为电动势，用 E 表示

$$E = \frac{W}{Q} \quad (1-4)$$

式中 W ——正电荷 Q 由负极移到正极时所做的功，J；

Q ——正电荷量，C；

E ——电动势，V。

电动势的方向由负极指向正极，即电位上升的方向。

三、电功率和电能

(一) 电功率

单位时间内产生或消耗的电能称为电功率 (简称功率)。它表明了电能与非电能相互转换速率的大小。负荷消耗的电功率等于负荷两端的电压与通过负荷的电流的乘积，常用 P 表示

$$P = UI \quad (1-5)$$

式中 P ——电功率，W；

U ——负荷端电压，V；

I ——负荷电流，A。

同理，电源产生的电功率等于电动势与电流的乘积。

(二) 电能

电流在一段时间内所做的功称为电能。电能的大小不仅与电功率的大小有关，还与做功的时间长短有关。其表达式为

$$W = Pt \quad (1-6)$$

式中 P ——电功率；

t ——时间，h；

W ——电能，W·h 或 kW·h。

【例 1-2】 已知一个额定电压为 220V 的灯泡接在 220V 电源上，通过灯泡的电流为 0.454A，问 5h 内该灯泡所消耗的电能是多少？

解：灯泡的功率 $P = UI = 220 \times 0.454 \approx 100(\text{W}) = 0.1(\text{kW})$

5h 内灯泡消耗的电能 $W = Pt = 0.1 \times 5 = 0.5 (\text{kW} \cdot \text{h})$

(三) 电流的热效应

电流通过电阻时要发热，其发热量同电流的平方、回路中的电阻及通过电流的时间成正比，即

$$Q = I^2 R t (\text{J}) \quad (1-7)$$

$$= 0.24 I^2 R t (\text{cal})$$

$$1\text{J}(\text{焦耳}) = 0.24\text{cal}(\text{卡})$$

式 (1-7) 表明了电能转换为热能的关系，称为焦耳-楞次定律。

模块 2 电路的组成及欧姆定律

一、电路的组成及作用

电路就是电流流过的路径，一个完整的电路都是由电源、负载（用电设备）、连接导线以及控制电器 4 个基本部分组成。通过开关用导线将干电池和小灯泡连接起来，就组成了一个最简单的电路，如图 1-1 所示。

(1) 电源。电源就是产生电能的设备，它的作用是将其他形式的能量转换成电能，并向用电设备供给能量，如干电池、蓄电池、发电机等。

(2) 负载。负载就是用电设备。它的作用是将电能转换为其他形式的能量，如电灯、电动机等。

(3) 连接导线。连接导线把电源和负载连接成一个闭合通路，起着连接电路和输送电能的作用。

(4) 控制电器。控制电器的主要作用是控制电路的通断，如开关、继电器等。

电路通常有三种状态。

通路（闭路）：电源与负载接通，电路中有电流通过，电气设备或元器件获得一定的电压和电功率，进行能量转换。

开路（断路）：电路中没有电流通过，又称为空载状态。

短路（捷路）：负载或电源两端被电阻接近于零的导体直接接通。

二、电路图

电路图是一种用规定的图形符号、文字符号表示的电路，如图 1-2 所示。一个完整的电路图中包括支路、结点、回路等要素，如图 1-3 所示。

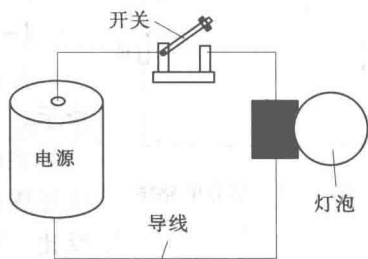


图 1-1 电路的基本组成部分

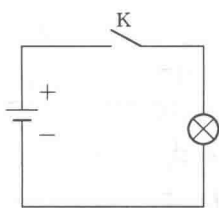


图 1-2 图 1-1 对应的电路图

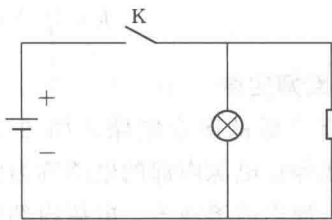


图 1-3 电路图

(1) 支路。一段没有分支的电路。

(2) 结点。由三条或三条以上支路相汇合的点。

(3) 回路。自电路中某一点出发，经过一周又回到该点的任意闭合路径。

电路图的表达方式有多种形式，图 1-4 所示为基本电路对应电路图的几种常见表示方法。

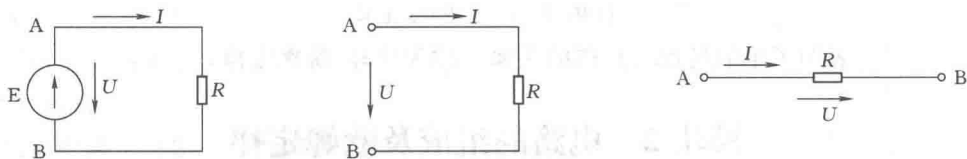


图 1-4 电路图的几种表示方法

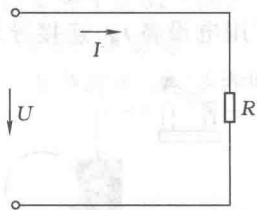


图 1-5 部分电路图

三、欧姆定律

欧姆定律是反映电压、电流、电阻三者之间关系的基本定律。

(一) 部分电路欧姆定律

只含有负载而不包含电源的一段电路称为部分电路，如图 1-5 所示。

在电阻一定的部分电路中，通过电阻的电流与施加于电阻上的电压成正比。也可以说成电路中的电流与电压成正比，而与电阻成反比。其数学表达式为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-8)$$

式中 I ——电流，A；

U ——电压，V；

R ——电阻， Ω 。

上述公式也可以写成

$$U = IR \quad (1-9)$$

$$R = \frac{U}{I} \quad (1-10)$$

【例 1-3】有一电热器的电阻为 44Ω ，使用时的电流是 5A ，试求电压的供电电压。

解：
$$U = IR = 5 \times 44 = 220(\text{V})$$

【例 1-4】已知一电阻两端所加电压为 220V ，测得电路中的电流为 0.5A ，求该电阻为多少欧姆？

解：
$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.5} = 440(\Omega)$$

(二) 全电路欧姆定律

全电路是含有电源的闭合电路，如图 1-6 所示，包括用电器和导线等；电源内部的电路称为内电路，如发电机的线圈、电池内的溶液等。电源内部的电阻称为内电阻，简称内阻。电源外部的电路称外电路，外电路的电阻称为外电阻。

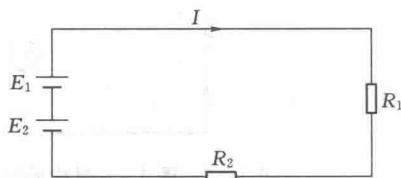


图 1-6 全电路图

全电路欧姆定律的内容是：闭合电路中的电流与整个回路的电动势成正比，与电路的总电阻（内电路电阻与外电路电阻之和）成反比，公式为

$$I = \frac{\sum E}{\sum R} = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2} \quad (1-11)$$

四、电阻的串联、并联

（一）串联电路

将几个电阻的首尾依次连接起来，中间没有分支，各电阻流过同一电流，这些电阻的连接称为串联，如图 1-7 所示。

1. 串联电路的特点

- (1) 流过各电阻的电流相同。
- (2) 电路总电压等于各电阻上的电压降之和，即 $U = U_1 + U_2$ 。

(3) 电路总电阻（等效电阻）等于各电阻阻值之和，即 $R = R_1 + R_2$ 。

(4) 各电阻上的电压与该电阻的阻值成正比。

(5) 电路中消耗的功率等于各电阻上消耗的功率之和，即 $P = P_1 + P_2$ 。

(6) 各电阻上消耗的功率与该电阻的阻值成正比。

2. 电阻串联电路的应用

(1) 获得较大阻值的电阻。若现在需要一个 200Ω 的电阻，但只有若干个 100Ω 的电阻，于是可以按如图 1-8 所示方法，将两个 100Ω 的电阻进行串联，从而获得阻值为 200Ω 的电阻。

(2) 限制和调节电路中电流。如图 1-9 所示，在电路中串联一个限流电阻，可以实现对弧光灯的保护。除此之外，电动机在启动时的启动电流比正常工作时的电流要大许多倍，为限制启动电流，也常采用在电动机的启动电路中串联电阻的办法来进行启动。

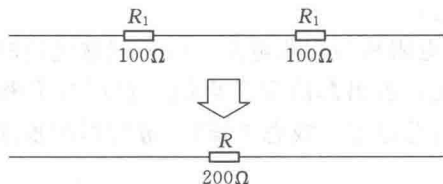


图 1-8 电阻串联获得更大阻值电阻

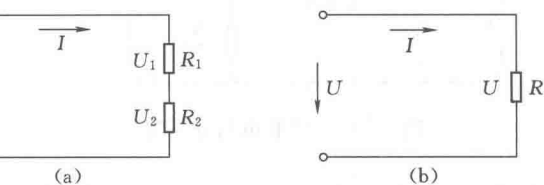


图 1-7 串联电路图

(a) 电路图；(b) 用等效电阻代替串联电阻

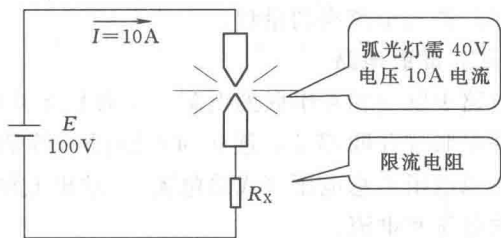


图 1-9 限制和调节电路电流

(3) 构成分压器，使同一电源提供不同电压，如图 1-10 所示。

当开关拨到 a 点时，电源将 100V 的电压全部提供给负载；当开关拨到 b 点时，电源提供 75V 的电压；在 c 点和 d 点分别提供 50V 和 25V 的电压。

(4) 扩大电压表量程。当电压表的量程不能满足工作需要时，可用与表头串联一个分压电阻的方法来扩大其量程，如图 1-11 所示。

（二）并联电路

将几个电阻的头和尾分别接在一起，使之在电路中承受同一电压，这些电阻的连接称为

并联,如图 1-12 所示。

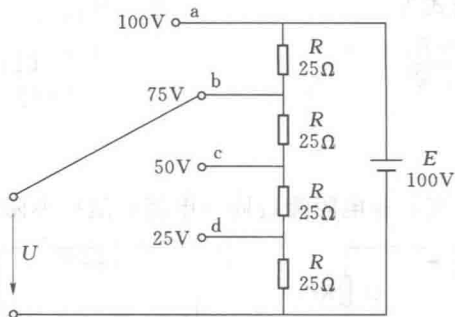


图 1-10 串联电阻分压器

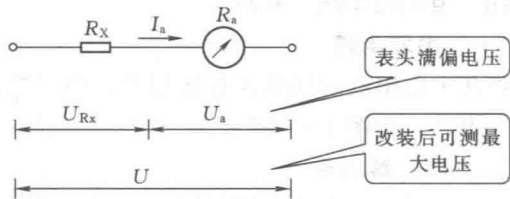


图 1-11 电阻串联扩大电压表量程

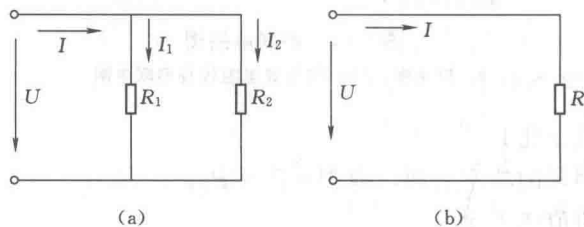


图 1-12 并联电路图

(a) 电路图; (b) 用等效电阻代替并联电阻

1. 并联电路的特点

- (1) 电路中各电阻上所承受的电压相同。
- (2) 电路中的总电流等于各电阻中电流之和,即 $I = I_1 + I_2$ 。
- (3) 电路中的总电阻(等效电阻)

的倒数等于各电阻的倒数之和,即 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ 。

2. 电阻并联电路的应用

- (1) 凡是额定工作电压相同的负载都采用并联的工作方式。这样每个负载都是一个可独立控制的回路,任一负载的正常启动或关断都不影响其他负载的使用。
- (2) 获得较小阻值的电阻。
- (3) 扩大电流表的量程。

(三) 混联电路

电路中既有相互串联的电阻,又有相互并联的电阻称为混联电路。分析混联电路时,应先合并串联或并联部分,逐步对电路进行等值简化,求出总的等效电阻,然后根据欧姆定律,由总电阻、总电压(或总电流),求出电路中的总电流(或总电压),最后再逐步推算各部分的电压和电流。

模块 3 电磁感应

一、磁

(一) 磁场

某些物体能吸引铁、镍、钴等物质的性质称为磁性。具有磁性的物体称为磁体。磁体具有极性,其两端极性强的区域称为磁极,一端为北极(N极),一端为南极(S极)。

同性磁极相互排斥,异性磁极相互吸引。

在磁体周围空间存在一种特殊物质,它对载导体或运动的电荷都有力的作用,这一特

殊物质称为磁场。磁场不仅有方向，而且还有强弱，一般用磁力线来描述，磁力线的方向定义为：在磁体外部由N极指向S极，在磁体内部由S极指向N极，磁感线是闭合曲线。磁力线上某点的切线方向就是该点的磁场方向。

(二) 磁通和磁通密度

垂直通过某一截面的磁力线称为磁通量（简称磁通），用 Φ 表示，其单位是Wb（韦伯）。磁通量可以反映磁场的强弱，但不能表示磁场的方向。垂直穿过单位截面的磁通量称为磁通密度（也叫磁感应强度），用 B 表示，其单位是T（特斯拉）。磁通 Φ 与磁感应强度 B 的关系为

$$\Phi = BS \text{ 或 } B = \frac{\Phi}{S} \quad (1-12)$$

式中 Φ ——穿过截面 S 的磁通，Wb；

S ——与磁场垂直的面积， m^2 ；

B ——磁通密度，T。

(三) 通电导体周围的磁场

通电的导体周围有磁场，这个磁场也可用磁力线来描述。当电流方向改变时，磁场的方向也改变。其关系可用右手定则来确定，如图1-13所示，将右手拇指伸直表示电流的方向，卷曲的四指所指的方向就是磁力线的方向。

为了同时表示出电流的方向和导体周围磁力线的方向，通常用“ $\bigcirc$ ”表示导线的截面，用“ $\otimes$ ”和“ $\odot$ ”两种符号分别表示流入和流出与纸面垂直导线中的电流。当已知电流方向时，由右手定则很容易就能判断出通电导线周围磁场的方向，如图1-14所示。

如果把单根导线卷成螺管线圈，再通上电流，那么螺管线圈的磁场如图1-15所示。磁通方向和线圈中电流的方向也可用右手定则来确定，如图1-16所示。



图 1-13 直导线的右手定则

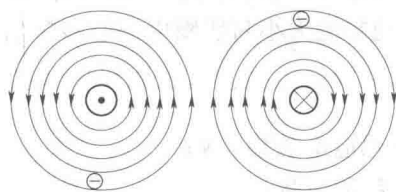


图 1-14 通电导线中电流方向和导线周围磁力线方向

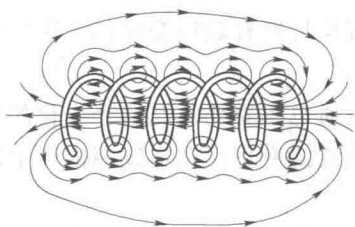


图 1-15 螺管线圈的磁场

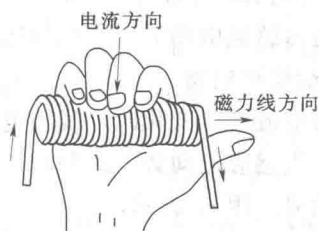


图 1-16 线圈的右手定则

用右手定则判断磁场方向的方法，使卷曲四指的方向与线圈中电流的方向相同，那么伸直的拇指即表示线圈内磁力线的方向。

二、电磁感应

(一) 导线切割磁力线产生感应电动势

当导线和磁场发生相对运动时,若导线切割了磁力线,将在导线中产生电动势,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,用 e 表示。由感应电动势产生的电流称为感应电流。

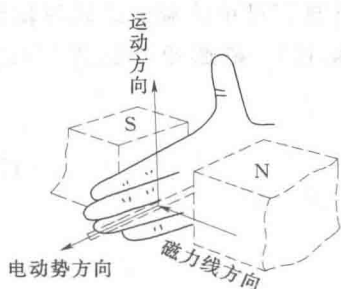


图 1-17 发电机右手定则

感应电动势的方向可用发电机右手定则来确定,如图 1-17 所示。平伸右手,四指并拢并与大拇指垂直,使磁力线垂直穿过掌心,大拇指指向导线运动的方向,则四指的指向就是感应电动势的方向。发电机就是依据这一原理制成的,故这个判断方法又称为“发电机右手定则”。

感应电动势的大小同磁场强弱、导体运动的速度、导体在磁场中的长度有关。当导体沿着与磁力线垂直方向运动时,所产生的感应电动势为

$$e = BLv \quad (1-13)$$

式中 e ——导体中的感应电动势, V;

L ——导体在磁场中的有效长度, m;

v ——导体的运动速度, m/s;

B ——磁通密度, T。

(二) 线圈中的感应电动势

当与线圈回路交链的磁通发生变化时,线圈回路会产生感应电动势及感应电流。线圈中感应电动势的方向有这样的规律:由它所产生的感应电流总是反抗原有磁通的变化,也就是说,当磁通增加时,感应电流产生的磁通与原磁通方向相反;当磁通减少时,感应电流产生的磁通与原磁通方向相同。这就是判断感应电动势方向的楞次定律。

感应电动势的大小与线圈中磁通的变化率成正比,即

$$e = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (1-14)$$

式中 e ——感应电动势, V;

N ——线圈匝数;

$\Delta \Phi$ ——磁通变化量, Wb;

Δt ——磁通变化 $\Delta \Phi$ 所需时间, s。

公式中负号是由感应电动势所产生的感应电流具有反抗原有磁通变化的规律决定的。

(三) 自感电动势和电感

当通过线圈的电流产生变化时,线圈电流产生的磁通也跟着变化。这个变化的磁通反过来又会在线圈中产生感应电动势。这种由于线圈本身电流的变化而在本线圈内产生的感应电动势称为自感电动势,用 e_L 表示。

根据楞次定律,自感电动势的方向也和感应电动势一样,总是反抗线圈中原有磁通的变化,即线圈中电流增加时,自感电动势的方向与线圈电流的方向相反,如图 1-18 (a) 所示;当电流减少时,自感电动势的方向与线圈的电流方向相同,如图 1-18 (b) 所示。

自感电动势表达式与感应电动势一样,即