



普通高等教育“十二五”创新型规划教材
高等教育课程改革项目研究成果

Electric Circuit
Foundation (2nd Edition)

电路基础

(第2版)

◆ 主 编 李雪红 韦禄民
◆ 副主编 雷红梅 黄 权 黄 东 周厚全



北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

目录

Contents <<< <<<

项目一 直流电路的基本概念	1
【实训 1.1】简单的日常照明电路、扩音电路	1
1.1 电路和电路模型	3
1.1.1 电路	3
1.1.2 电路模型	3
【实训 1.2】简单直流电路的电压、电流和电位测量	4
1.2 电路的基本物理量	5
1.2.1 电流	5
1.2.2 电压和电位	6
1.2.3 电动势	9
1.2.4 电能和电功率	10
1.3 电路的三种基本元件及其伏安关系	11
1.3.1 电阻元件及其伏安特性	11
1.3.2 电容元件及其伏安特性	12
1.3.3 电感元件及其伏安特性	13
【实训 1.3】复杂直流电路中的电压、电流	15
1.4 基尔霍夫定律	16
1.4.1 基本电路的分析	16
1.4.2 基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律	18
1.5 电压源和电流源（包括受控源）	19
1.5.1 电压源	19
1.5.2 电流源	20
1.5.3 电压源与电流源的等效变换	21
1.5.4 受控源	22
【实训 1.4】万用表的使用	23
【实训 1.5】磁电系电流表、电压表的扩程与校验	27
【实训 1.6】直流单臂电桥、兆欧表的使用	29
本章小结	33
习题	34

项目二 直流电路的分析方法	37
2.1 电阻的连接	37
2.1.1 电阻的串、并联	37
2.1.2 电阻的三角形和星形连接	40
2.2 支路电流法	43
2.3 网孔电流法	45
2.3.1 网孔电流及其与支路电流的关系	45
2.3.2 网孔电流方程	45
2.4 节点电压法	47
2.4.1 节点电压	47
2.4.2 节点电压方程	48
2.4.3 节点电压法的应用	49
【实训 2.1】叠加定理的验证	51
2.5 叠加定理	53
【实训 2.2】戴维南定理的验证	55
2.6 有源二端网络定理	57
2.6.1 戴维南定理	57
2.6.2 诺顿定理	61
2.6.3 最大功率传输定理	61
本章小结	63
习题	64
项目三 单相交流电路	67
【实训 3.1】单相交流电的波形观察与分析	67
3.1 正弦交流电路的基本概念	69
3.1.1 正弦交流量的三要素	69
3.1.2 正弦交流量的有效值	71
3.1.3 同频率正弦交流量的相位差	72
3.2 正弦交流量的相量表示法	74
3.2.1 复数的基本概念	74
3.2.2 正弦交流量的相量表示法	76
3.2.3 基尔霍夫定律的相量形式	79
3.3 正弦交流电路中的电阻、电感、电容元件伏安关系及其功率	80
3.3.1 电阻元件伏安关系及其功率	80
3.3.2 电感元件伏安关系及其功率	82
3.3.3 电容元件伏安关系及其功率	84
3.4 复阻抗与复导纳	87
3.4.1 单一元件的复阻抗与复导纳	87

3.4.2 R 、 L 、 C 串联电路的复阻抗	88
3.4.3 R 、 L 、 C 并联电路的复导纳	90
3.4.4 复阻抗的连接	92
3.4.5 复阻抗与复导纳的等效变换	94
3.4.6 相量分析法	97
3.5 正弦交流电路的功率	98
3.5.1 瞬时功率	98
3.5.2 有功功率 (平均功率)	99
3.5.3 无功功率	100
3.5.4 视在功率	100
3.5.5 功率因数	100
3.5.6 复功率	100
【实训 3.2】日光灯电路及功率因数的提高	101
3.6 功率因数的提高	103
3.6.1 功率因数提高的意义	103
3.6.2 功率因数提高的方法	103
【实训 3.3】 RLC 串联谐振电路	105
3.7 正弦交流电路中的谐振	107
3.7.1 R 、 L 、 C 串联电路的谐振	107
3.7.2 R 、 L 、 C 并联电路的谐振	109
【实训 3.4】同名端及互感系数的测量	111
3.8 耦合电感电路	114
3.8.1 耦合电感电路的基本概念	114
3.8.2 耦合电感电路	117
3.8.3 耦合电感电路的分析与应用	119
【实训 3.5】线圈参数的测量	124
【实训 3.6】单相电能表的校验	126
【实训 3.7】家庭照明线路的设计与连接	128
本章小结	129
习题	134
项目四 三相正弦交流电路	137
【实训 4.1】三相正弦交流电路电压、电流的测量	137
4.1 三相正弦交流电路的基本概念	140
4.1.1 对称三相正弦交流电源	140
4.1.2 对称三相正弦交流电的特点	141
4.1.3 三相电源的联接	141
4.1.4 三相电路中的电压、电流	142



4.2 三相负载及其电压、电流关系	144
4.2.1 三相负载的星形联接	145
4.2.2 三相负载的三角形联接	147
4.3 对称三相电路的分析方法	149
4.3.1 对称三相电路的Y—Y联接	149
4.3.2 对称三相电路的其他联接	152
4.4 简单不对称三相电路的分析	153
4.4.1 低压供电系统中的三相不对称电路	154
4.4.2 一相负载短路的三相不对称电路	155
4.4.3 一相负载断路的三相不对称电路	156
4.4.4 对称三相电路中一相线断路	158
【实训4.2】三相正弦交流电路功率的测量	161
4.5 三相电路的功率及测量	162
4.5.1 三相电路的功率	163
4.5.2 三相电路的功率测量	164
本章小结	166
习题	170
项目五 动态电路的暂态分析	172
5.1 一阶电路的基本概念	172
5.1.1 暂态过程和一阶电路	172
5.1.2 换路定则	173
5.1.3 初始值	174
5.2 一阶电路的零输入响应	175
5.2.1 一阶电路零输入响应的分析	175
5.2.2 一阶电路零输入响应的应用	178
5.3 一阶电路的零状态响应	180
5.3.1 一阶电路零状态响应分析	180
5.3.2 一阶电路零状态响应的应用	182
5.4 一阶电路的全响应	183
5.5 一阶电路的三要素法	184
本章小结	186
习题	188
项目六 磁路、交流铁芯线圈和非正弦周期电流电路	190
6.1 磁场的基本物理量	190
6.1.1 磁感应强度	190
6.1.2 磁通	191
6.1.3 磁导率	191

6.1.4 磁场强度	192
6.2 铁磁物质的磁化	192
6.2.1 铁磁物质的磁化	192
6.2.2 铁磁物质的磁化曲线	192
6.2.3 铁磁物质的分类	194
6.3 磁路的基本定律	195
6.3.1 磁路	195
6.3.2 磁路的基本物理量	196
6.3.3 磁路的基尔霍夫定律	196
6.3.4 磁路的欧姆定律	197
6.4 交流铁芯线圈	198
6.4.1 电磁关系表达式	198
6.4.2 电磁关系波形	198
6.4.3 交流铁芯线圈的损耗	200
6.4.4 等效电路	201
6.5 变压器	205
6.5.1 变压器的基本结构	205
6.5.2 变压器的工作原理	206
6.5.3 电力变压器的铭牌数据	209
6.5.4 常用变压器	212
6.6 非正弦周期电流电路	216
6.6.1 非正弦周期电流电路的分析	216
6.6.2 非正弦周期电流电路的计算	221
本章小结	223
习题	225

4.5.1 三相电路的功率

1. 三相功率

一般情况下,无论三相负载的接法如何,三相负载是否对称,三相总的有功功率总是等于各相有功功率之和。即

$$P = P_U + P_V + P_W = U_U I_U \cos \varphi_U + U_V I_V \cos \varphi_V + U_W I_W \cos \varphi_W$$

式中 U_U 、 U_V 、 U_W 分别为三相负载(或电源)相电压的有效值;

I_U 、 I_V 、 I_W 分别为三相负载(或电源)相电流的有效值;

φ_U 、 φ_V 、 φ_W 分别为各相电压与各相电流的相位差角。

同理,三相电路总的无功功率等于各相无功功率的代数和,即

$$Q = Q_U + Q_V + Q_W = U_U I_U \sin \varphi_U + U_V I_V \sin \varphi_V + U_W I_W \sin \varphi_W$$

三相电路的视在功率:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

当三相负载对称时,由于

$$U_U = U_V = U_W = U_P$$

$$I_U = I_V = I_W = I_P$$

$$\varphi_U = \varphi_V = \varphi_W = \varphi$$

以上有功功率,无功功率,视在功率的公式分别为

$$\left. \begin{aligned} P &= 3P_P = 3U_P I_P \cos \varphi \\ Q &= 3Q = 3U_P I_P \sin \varphi \\ S &= 3U_P I_P \\ \cos \varphi &= P/S \end{aligned} \right\} \quad (4-6)$$

当负载作星形联接时, $I_L = I_P$, $U_L = \sqrt{3}U_P$

当负载作三角形联接时, $I_L = \sqrt{3}I_P$, $U_L = U_P$

此时,无论对称三相负载是星形联接还是三角形联接,均有:

$$\left. \begin{aligned} P &= \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi \\ Q &= \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi \\ S &= \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3}U_L I_L \end{aligned} \right\} \quad (4-7)$$

2. 三相电路总瞬时功率的特点

对称三相正弦交流电路各相瞬时功率随时间按正弦规律变化,总瞬时功率等于各相瞬时功率之和,即

$$\begin{aligned} p &= p_U + p_V + p_W \\ &= U_{pm} I_{pm} \sin(\omega t) \sin(\omega t - \varphi) \\ &\quad + U_{pm} I_{pm} \sin(\omega t - 120^\circ) \sin(\omega t - 120^\circ - \varphi) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+U_{\text{pm}} I_{\text{pm}} \sin(\omega t + 120^\circ) \sin(\omega t + 120^\circ - \varphi) \\
 &= U_{\text{P}} I_{\text{P}} [\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi)] \\
 &+ U_{\text{P}} I_{\text{P}} [\cos \varphi - \cos(2\omega t + 120^\circ - \varphi)] \\
 &+ U_{\text{P}} I_{\text{P}} [\cos \varphi - \cos(2\omega t - 120^\circ - \varphi)] = 3U_{\text{P}} I_{\text{P}} \cos \varphi = \sqrt{3} U_{\text{L}} I_{\text{L}} \cos \varphi = P
 \end{aligned}$$

由于上式中的三项交变分量之和为零, 三相瞬时功率是不随时间变化的常数, 并且等于其平均功率。

运转中的单相电动机, 因为瞬时功率时大时小, 有振动, 功率越大, 振动越剧烈。在对称三相电路中的三相电机, 因为它的总瞬时功率不是时大时小, 而是恒定不变, 运转中不会像单相电机那样剧烈振动。这是三相交流电与单相交流电相比的又一优点。

【例 4-7】 三相电炉的三个电阻, 可以接成星形, 也可以接成三角形, 常以此来改变电炉的功率。假设某三相电炉的三个电阻都是 43.32Ω , 求在 380 V 线电压上, 把它们接成星形和三角形时的功率各为多少?

解: 1. 三相负载为星形联接时, 则线电流为

$$\begin{aligned}
 I_{\text{L}} &= I_{\text{P}} \\
 &= \frac{U_{\text{P}}}{R} = \frac{\frac{380}{\sqrt{3}}}{43.32} = 5.064 (\text{A})
 \end{aligned}$$

三相负载吸收的功率为

$$P_{\text{Y}} = \sqrt{3} U_{\text{L}} I_{\text{L}} \cos \varphi = \sqrt{3} \times 380 \times 5.064 = 3333 (\text{W})$$

2. 三相负载为三角形联接时, 则相电流为

$$I_{\text{P}} = \frac{U_{\text{P}}}{R} = \frac{U_{\text{L}}}{R} = \frac{380}{43.32} = 8.7719 (\text{A})$$

线电流为

$$I_{\text{L}} = \sqrt{3} I_{\text{P}} = \sqrt{3} \times 8.7719 = 15.193 (\text{A})$$

三相负载吸收的功率为

$$P_{\Delta} = \sqrt{3} U_{\text{L}} I_{\text{L}} = \sqrt{3} \times 380 \times 15.193 = 10\,000 (\text{W}) = 10 (\text{kW})$$

计算表明, 在相同的电源线电压作用下, 三相负载联接成三角形时, 线电流是联接成星形时的三倍, 因此三相负载联接成三角形时吸收的有功功率是联接成星形时的三倍。

项目编辑: 王艳丽
策划编辑: 陆世立
封面设计: OICA 原创在线



Electric Circuit Foundation [2nd Edition]

电路基础 (第2版)



免费电子教案下载地址
www.bitpress.com.cn



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

通信地址: 北京市海淀区中关村南大街5号

邮政编码: 100081

电话: (010)68944990 68944919

网址: www.bitpress.com.cn

ISBN 978-7-5640-5051-1



9 787564 050511 >

定价: 38.00元