

中等职业教育电类专业规划系列教材

电工技术基础学习点拨与练习

彭克发 彭丽娟 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

中国矿业大学北京岩土工程研究所

岩土工程勘察与检测

2013 年第 1 期



中国地质大学(北京)

中等职业教育电类专业规划系列教材

电工技术基础学习点拨与练习

彭克发 彭丽娟 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

本书是中等职业教育电类专业系列教材中《电工技术基础》的配套用书。内容包括:电路的基本知识、直流电阻电路、磁场及其与电流的作用、电磁感应现象、电容器及瞬态过程、正弦交流电及其电路、三相交流电路和变压器等。编排上以章为单元,每章包括知识网络、教学要求、内容提要、问题讨论、范例分析、习题选解、复习思考题和自我检测题等,书后附有参考答案。逻辑上力求突出基本概念、基本原理和分析方法,引导学生抓住重点、突破难点,注重培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书既可作为中等职业学校电类专业教学用书,也可作为职业上岗培训教材,还可作为相关专业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础学习点拨与练习/彭克发,彭丽娟主编. —北京:中国电力出版社,2007

(中等职业教育电类专业规划系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5083 - 5620 - 4

I. 电… II. ①彭…②彭… III. 电工技术 - 专业学校 - 教学参考资料 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 069710 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

策划:周娟 责任编辑:吕允英 责任印制:陈焊彬 责任校对:付珊珊

北京铁成印刷厂印刷·各地新华书店经售

2007 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·8.25 印张·202 千字

定价:15.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)

考试要求

要点分析

学法指导

技能指南

典例剖析

基础训练

自我检查

前 言

根据 2006 年全国职业教育工作会议精神和电类专业教学大纲要求,我们组织在教学一线上工作多年、具有丰富教学经验的老师们编写了这套中等职业教育电类专业系列教材。本系列教材在知识、技能要求的深度和广度上,以国家技能鉴定中心颁发的相关专业中级技能鉴定要求为依据,突出这部分知识的掌握和专业技能的训练,力求使学生在获取毕业证的同时,又能取得本专业的初、中级技术等级证书。

本书是《电工技术基础》的配套用书。内容包括:电路的基本知识、直流电阻电路、磁场及其与电流的作用、电磁感应现象、电容器及瞬态过程、正弦交流电及其电路、三相交流电路和变压器等。编排上以章为单元,每章包括知识网络、教学要求、内容提要、问题讨论、范例分析、习题选解、复习思考题和自我检测题等,书后附有参考答案。逻辑上力求突出基本概念、基本原理和分析方法,引导学生抓住重点、突破难点,注重培养学生分析问题和解决问题的能力。

书中“*”部分为选修内容,供条件较好的地区和学校选用。

本书由重庆市垫江县职业教育中心研究员彭克发和重庆市第十八中学彭丽娟老师任主编,重庆市文理学院许思康老师、重庆工商学校杨洪江老师和重庆忠县马灌职中邱堂清老师任副主编,参加本书编写的还有垫江职业教育中心曹光华、胡友俊老师,重庆市江南职业中学凌祥和林阳金老师,重庆工商学校赵顺洪、韩光勇、易祖全、刘恩飞老师,重庆铜梁县职业高级中学童光发老师,重庆市忠县新生职业中学陈廷燎老师。全书由彭克发制订编写大纲和负责编写的组织及统稿和编审工作。

本书在编写过程中得到重庆工商学校、重庆垫江职业教育中心、重庆梁平职业教育中心、重庆市第二财贸学校、重庆工艺美术学校、重庆荣昌职业教育中心、重庆铜梁职业高级中学、重庆江南职业学校、重庆綦江职业高级中学、重庆忠县马灌职中、重庆忠县新生职业中学、重庆石柱一职中、重庆垫江一职中、重庆第 18 中学、重庆电子工程职业学院、重庆黔江民族职教中心、重庆市彭水郁山职业中学等单位领导的大力支持和指导,使该教材得以顺利完成。同时,本书在交稿以前,特别请重庆教育科学研究院特级教师、研究员唐果南对本书进行了认真仔细地审阅,并提出了许多修改意见。在此一并致以诚挚的谢意!

由于作者水平有限,加之时间仓促,在编写本书中难免存在错误缺点,恳请读者多提宝贵意见,以便进一步修改。

编 者

目 录

前言

第一章 电路的基本知识	1
知识网络	1
教学要求	1
内容提要	1
一、电路与电路模型	1
二、电路的基本物理量	2
三、电阻和电阻定律	3
四、欧姆定律	4
五、电功、电功率及电流的热效应	4
六、负载获得最大功率	5
问题讨论	5
一、关于电压与电位的概念	5
二、关于电压和电动势的区别	5
三、关于 $P = I^2 R$ 与 $P = U^2 / R$ 的应用条件	5
范例分析	6
习题选解	6
复习思考题	8
自我检测题	10
第二章 直流电阻电路	12
知识网络	12
教学要求	12
内容提要	12
一、电阻串联电路	12
二、电阻并联电路	13
三、电阻的混联电路	14
四、电池组	14
五、电路中各点电位的计算	15
六、基尔霍夫定律	15
* 七、电压源与电流源	16
* 八、戴维宁定理	16
* 九、叠加定理	17

十、电桥电路	17
问题讨论	17
一、关于混联电阻电路的化简方法	17
二、关于计算电路中各点电位的方法	17
三、关于基尔霍夫定律用于支路法中的解题要领	17
* 四、关于电压源与电流源的等效原则	18
范例分析	18
习题选解	20
复习思考题	21
自我检测题	25
第三章 磁场及其与电流的作用	28
知识网络	28
教学要求	28
内容提要	28
一、电流的磁场	28
二、磁场的基本物理量	29
三、铁磁性物质及其磁化规律	30
四、磁场对载流导体的作用	30
五、磁场对运动电荷的作用	31
* 六、磁路及其基本定律	31
问题讨论	32
一、关于直导体、螺线管、环形通电电流的磁场方向的判断方法	32
二、关于 $B = \frac{F}{IL}$ 的应用条件	32
范例分析	32
习题选解	33
复习思考题	34
自我检测题	36
第四章 电磁感应现象	39
知识网络	39
教学要求	39
内容提要	39
一、电磁感应现象	39
二、楞次定律	40
三、电磁感应定律	40
四、自感	41
五、互感	41

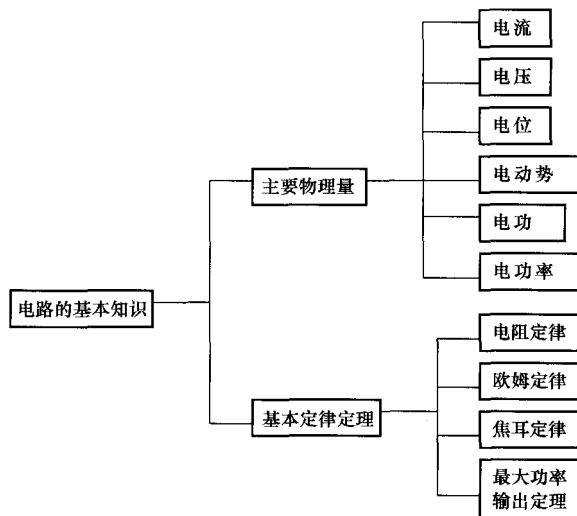
六、互感线圈的连接与同名端	41
七、线圈中的磁场能量	42
问题讨论	42
一、关于电磁感应中感应电动势的方向判断	42
二、关于楞次定律的使用步骤	43
范例分析	43
习题选解	44
复习思考题	44
自我检测题	47
第五章 电容器及瞬态过程	50
知识网络	50
教学要求	50
内容提要	50
一、电场和电场强度	50
二、电容器和电器	52
三、电容器的串联	53
四、电容器的并联及电场能量	54
* 五、瞬态过程的基本概念	54
* 六、RC 电路的瞬态过程	55
* 七、RL 电路的瞬态过程	55
问题讨论	56
一、关于电容器的电容量	56
二、常见电容器的容量标识方法	56
三、电容混联的计算	56
范例分析	56
习题选解	57
复习思考题	58
自我检测题	59
第六章 正弦交流电及其电路	61
知识网络	61
教学要求	61
内容提要	61
一、正弦交流电的基本概念	61
二、正弦交流电的表示法	63
三、纯电阻电路	65
四、纯电感电路	66
五、纯电容电路	68

六、电阻、电感串联电路	69
七、电阻和电容的串联电路	71
* 八、电阻、电感和电容串联电路	72
九、串联谐振电路	74
* 十、电阻、电感和电容的并联电路	76
问题讨论	78
一、正弦交流电的三要素	78
二、正弦交流电的表示法	78
三、正弦交流电波形画法要点	78
四、关于串联交流电路的电压、阻抗、功率三角形都是相似三角形	79
范例分析	79
习题选解	81
复习思考题	83
自我检测题	83
第七章 三相交流电路	86
知识网络	86
教学要求	86
内容提要	86
一、三相交流电源	86
二、三相负载的接法	88
三、三相交流电路的功率	90
* 四、三相笼型异步电动机	91
问题讨论	92
一、关于三相交流电	92
二、关于三相负载的接法	93
三、三相交流电的功率计算	93
范例分析	94
习题选解	96
复习思考题	97
自我检测题	97
第八章 变压器	99
知识网络	99
教学要求	99
内容提要	99
一、变压器的种类、构造及工作原理	99
二、变压器的功率和效率	101
三、几种常用变压器	101

四、变压器的同名端	103
问题讨论	104
一、关于同名端的概念	104
二、关于变压器的损耗功率	104
范例分析	104
复习思考题	106
自我检测题	106
附：电工技术基础学习点拨与练习参考答案	109
第一章 复习思考题参考答案	109
第一章 自我检测题参考答案	110
第二章 复习思考题参考答案	110
第二章 自我检测题参考答案	111
第三章 复习思考题参考答案	112
第三章 自我检测题参考答案	112
第四章 复习思考题参考答案	113
第四章 自我检测题参考答案	114
第五章 复习思考题参考答案	115
第五章 自我检测题参考答案	115
第六章 复习思考题参考答案	116
第六章 自我检测题参考答案	116
第七章 复习思考题参考答案	117
第七章 自我检测题参考答案	118
第八章 自我检测题参考答案	119

第一章 电路的基本知识

👉 知识网络



👉 教学要求

- (1) 了解电路的基本组成、电路模型的概念。
- (2) 理解电流、电压、电位和电动势的概念。
- (3) 理解电阻、电阻率的概念及导体的电阻与哪些因素有关。
- (4) 理解电功、电功率的概念。
- (5) 理解焦耳定律。
- (6) 掌握电压与电位、电压与电动势的关系。
- (7) 掌握电阻定律、部分电路和全电路欧姆定律中的计算。
- (8) 掌握电功、电功率、焦耳定律的计算,弄清公式的适用范围并能正确使用。
- (9) 掌握负载获得最大功率的条件。

👉 内容提要

一、电路与电路模型

1. 电路的组成

- (1) 电路的概念:电流通过的路径称为电路。
- (2) 电路的组成:任何复杂的纯电阻电路都由电源、用电器(负载)、导线和开关(控制保护)4部分组成。
- (3) 电路各部分的作用:电源是将其他形式的能转变为电能;用电器是将电能转换为其

他形式的能;开关是将电路接通或断开;导线是将各部分连接起来。

2. 电路按作用分为两大类

- (1) 第一类用于传输、分配、使用电能,如电力线路。
- (2) 第二类是传递信号,如电视机、收录机等。

3. 电路模型

(1) 元件模型:实际元件根据它最突出的特性模拟成的单一参数的理想元件,称为元件模型。

(2) 电路模型:对组成电路的元件模型,按国家标准制定出规范的图形符号和文字符号,按一定的规律将它们连接起来表示实际电路,这种电路被称为电路模型。

二、电路的基本物理量

1. 电流

(1) 定义:电荷(带电粒子)的定向运动称为电流。

(2) 产生电流必须同时具备两个条件:

- 1) 要有可作定向运动的电荷(带电粒子)。
- 2) 要有使带电粒子作定向运动的电场(电压)。

(3) 电流的方向:规定正电荷运动的方向为电流方向。金属导体内电流的方向与自由电子定向运动的方向相反。

(4) 电流(描述电流强弱的物理量):

- 1) 单位时间内通过导体横截面的电量称为电流强度,简称电流。
- 2) 电流是标量。电流的大小可用电流表(或万用表的电流挡)直接测量。

(5) 电流的单位规定如下:

- 1) 规定如果在1s内通过导体横截面的电流是1C,导体的电流就是1A,即 $1\text{A} = 1\text{C/s}$ 。
- 2) 电流的常用单位还有毫安(mA)、微安(μA)。

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

(6) 电流按大小和方向随时间变化的规律可分为:

- 1) 直流电流。
- 2) 脉动电流。
- 3) 交流电流。

2. 电压

(1) 定义:电场力将单位正电荷从电场中的一点移到另一点所做的功称为电压,如图1-1所示。

(2) 电压的大小:电场力将正电荷由a点移到b点所做的功 W_{ab} 与被移电荷 q 的比值,即

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q}$$

式中, W_{ab} 为电场力将正电荷 q 由a点移到b点所做的功,单位为焦耳(J); U_{ab} 为a、b两点间的电压,单位为伏特(V)。

(3) 单位规定:当1C的电荷从电场中某点移到另一点时,电场力做的功为1J,则这两点的电压为1V。

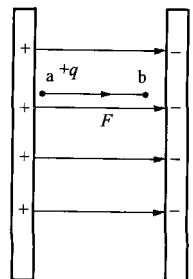


图 1-1

(4) 常用单位:千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μV)。其换算关系为 $1\text{kV} = 10^3\text{V}$, $1\text{V} = 10^3\text{mV} = 10^6\mu\text{V}$ 。

(5) 电压的方向:从高电位指向低电位,即电位降低的方向。

3. 电位

(1) 参考点:求电位时要选择一个参考点,参考点电位为零(称为零电位点)。

(2) 如何选择参考点:实际中参考点的选择是任意的,在电子线路中选择公共点,在工程技术中选择大地、机壳。

(3) 电位的定义及单位

1) 定义:电场力将单位正电荷从a点移到参考点所做的功,称为该点的电位,即 $U_a = W_a/q$,或者某一点的电位就是该点与参考点之间的电压。

2) 电位的单位为伏特(V)。

3) 在电路中选择不同的参考点,电位是不同的。

(4) 电位与电压的关系:电路某两点的电压就等于这两点的电位差,即 $U_{ab} = U_a - U_b$ 。

4. 电动势

(1) 电源:把其他形式的能转换成电能的装置。

1) 电源有正、负两个极,正极电位高,负极电位低,两极之间有一定的电压。

2) 电源接通负载后,外部电路中电流从高电位流向低电位,电源内部电流从低电位流向高电位。

(2) 电源力:电源内部存在的非静电性质的力叫电源力。

(3) 电源的电动势。

1) 定义:电源内部,电源力把正电荷从低电位(负极板)移到高电位(正极板),反抗电场力所做的功与被移动电荷量的比值称为电源电动势。

2) 计算式

$$E = \frac{W}{q}$$

式中, E 为电源电动势,单位与电压的相同。

3) 电动势的方向:从电源负极指向正极,即电位升高的方向。

三、电阻和电阻定律

(1) 电阻是表示导体对电流的阻碍作用的物理量,用字母 R 表示。

(2) 电阻定律:在温度不变时,导体的电阻和它的长度成正比,而和它的横截面积成反比,即

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中, ρ 是一个反映材料导电性能的物理量,称为电阻率,单位为欧米($\Omega \cdot \text{m}$); L 为导体的长度,单位为米(m); S 为导体的横截面积,单位为平方米(m^2); R 为电阻,单位为欧姆(Ω)。

(3) 金属导体的电阻与温度有关。如果在温度为 t_1 时,导体的电阻为 R_1 ,在温度为 t_2 时,导体的电阻为 R_2 ,则 $R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$,式中 α 称为温度系数。

1) 当 $\alpha > 0$ 时,叫正温度系数,表示该导体电阻随温度升高而增大。

2) 当 $\alpha < 0$ 时,叫负温度系数,表示该导体电阻随温度升高而减小。

四、欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

(1) 定义: 导体中的电流大小跟它两端的电压成正比, 跟它的电阻成反比。

(2) 公式:

$$I = \frac{U}{R}$$

式中, U 为电压, 单位为伏特(V); I 为电流, 单位为安培(A); R 为电阻, 单位为欧姆(Ω)。

(3) 应用欧姆定律时应注意的问题:

1) R 、 U 、 I 必须属于同一段电路。

2) 不可把 3 个量间的因果关系与数量关系混为一谈, 导体两端存在电压是因, 而导体中形成电流是果。

3) 运用欧姆定律计算电阻, 即 $R = U/I$ 。这只是说可以用加在电阻两端电压和通过电阻的电流来计算电阻的大小, 而绝不意味着电阻是由电压和电流大小来决定的。导体的电阻不随加在其两端的电压而改变。

(4) 欧姆定律适用于金属或电解液的导电。

2. 全电路欧姆定律

(1) 全电路: 一个由电源和负载组成的闭合电路称为全电路。

(2) 闭合电路中的电流大小跟电源的电动势成正比, 跟电路的总电阻成反比, 这一规律称为全电路欧姆定律, 即

$$I = \frac{E}{R + r}$$

式中, E 为电源电动势, 单位为伏特(V); R 为外电路总电阻, 单位为欧姆(Ω); r 为电源总内阻, 单位为欧姆(Ω); I 为电路中的电流, 单位为安培(A)。

(3) 在通常情况下认为电源的电动势及电阻 r 是不变的, 由于 $r \ll R$, 所以电路中输出电流的大小主要受外电阻 R 变化的影响。

(4) 电源的端电压随负载电流 I 变化的关系称为电源的外特性, 端电压 $U = E - Ir$ 。

1) 当 R 增大时, I 减小, 而 U 将增大, 说明路端电压 U 随负载电阻增大而增大。

2) 当 $R \rightarrow \infty$ 开路(断路)时, $I \rightarrow 0$, 则 $U = E$, 所以断路时路端电压等于电源电动势。

3) 当 $R \rightarrow 0$ 短路时, 路端电压 $U = 0$, $I = E/r$ 称为短路电流, r 很小, 所以短路电流很大, 容易损坏电源。因此实际应用中电源不能短路。

(5) 适用范围: 外电路为纯电阻电路。

五、电功、电功率及电流的热效应

1. 电功

(1) 在电场力作用下, 电荷定向移动形成电流做的功称为电功。

(2) 电流在一段电路上所做的功, 与这段电路两端的电压、电路中的电流和通电时间成正比, 即

$$W = UIt$$

式中, U 为电路两端的电压, 单位为伏特(V); I 为电路中的电流, 单位为安培(A); t 为通电时间, 单位为秒(s); W 为电功, 单位为焦耳(J)。

(3) 对于纯电阻电路,电功还可以表示为 $W = \frac{U^2}{R}t = I^2Rt$ 。

(4) 电功的另一单位:千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)俗称“度”。

2. 电功率

(1) 定义:电流在单位时间内所做的功称为电功率。

(2) 公式

$$P = \frac{W}{t} = \frac{UIt}{t} = UI$$

式中, P 为电功率,单位为瓦特(W)。

(3) 对纯电阻电路 $P = I^2R = \frac{U^2}{R}$

3. 电流的热效应

(1) 电流通过导体时,电能转化为热能的现象称为电流的热效应。

(2) 焦耳定律。

1) 定义:电流通过导体产生的热量跟电流的二次方、导体的电阻和通电时间成正比,这个规律称为焦耳定律。

2) 公式

$$Q = I^2Rt$$

式中, Q 为热量,单位为焦耳(J)。

3) 适用范围:焦耳定律只适用于纯电阻电路。

六、负载获得最大功率

1. 阻抗匹配

在无线电技术中,把负载电阻等于电源内阻时的状态称为负载与电源匹配,简称阻抗匹配。当阻抗匹配时,负载获得最大功率。

2. 负载获得最大功率的条件

负载电阻 R 等于电源内阻 r ,即 $R = r$ 时,负载获得最大功率, $P_m = E^2/4R = E^2/4r$ 。

3. 效率

负载获得最大功率时,电源的效率只有 50%。

👉 问题讨论

一、关于电压与电位的概念

电压和电位是两个不同的概念。电路中各点的电位是相对的,与参考点的选择有关;但两点之间的电压(电位差)是绝对的,与参考点的选择无关。

二、关于电压和电动势的区别

(1) 电压是衡量电场力做功本领的物理量,电动势是衡量电源力做功本领的物理量。

(2) 电压存在于电源内外部,电动势存在于电源内部。

(3) 方向不同,电压方向是从高电位指向低电位,电动势方向是从低电位指向高电位。

三、关于 $P = I^2R$ 与 $P = U^2/R$ 的应用条件

$P = I^2R$ 与 $P = U^2/R$ 只适用于纯电阻条件下的功率计算。 $P = I^2R$ 用在电阻串联的电阻

中, $P = U^2/R$ 用在电阻并联的电路中。

☞ 范例分析

【例 1-1】 在电场中有 a、b、c 3 点。带有 2C 电量的电荷由 a 点移到 b 点, 电场力做功 6J; 由 b 点到 c 点电场力做功 4J。若以 b 点为参考点, 试求 a 点、c 点的电位。

分析: 欲求电路中某两点的电位, 应先根据电压的定义式求出两点间的电压, 再根据电位与电压的关系, 求出某点电位。

解: 以 b 点为参考点, $V_b = 0$

$$(1) \text{ a 点电位、电压的定义式: } U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} = \frac{6\text{J}}{2\text{C}} = 3\text{V}$$

根据电压与电位关系, 即 $V_a - V_b = U_{ab}$ 可得: $V_a - 0 = 3\text{V}$, $V_a = 3\text{V}$

$$(2) \text{ 同样: } U_{bc} = \frac{W_{bc}}{q} = \frac{4\text{J}}{2\text{C}} = 2\text{V}$$

由 $V_b - V_c = U_{bc}$ 可得: $0 - V_c = 2\text{V}$, $V_c = -2\text{V}$

说明: $V_a = 3\text{V}$, 表示 a 点的电位比参考点高 3V, $V_c = -2\text{V}$, 表示 c 点的电位比参考点低 2V。

【例 1-2】 电动势为 2V 的电源, 与 9Ω 的电阻接成闭合电路, 电源两极间的电压为 1.8V, 求电源的内阻。

分析: ① 要求电源的内阻, 必须求出通过电路的电流, 由题意知道外电压、外电阻, 根据 $U_{\text{外}} = IR$ 即可求出 I ; ② 要求电源内阻, 由于知道电路中的电流 I , 根据 $U_{\text{内}} = Ir$, 求出 r 。

解: (1) 由题意得 $IR = 1.8\text{V}$, 即 $9\Omega I = 1.8\text{V}$, $I = 0.2\text{A}$

(2) 根据全电路欧姆定律 $E = IR + Ir$ 得 $Ir = E - IR = 2\text{V} - 1.8\text{V} = 0.2\text{V}$

$$r = \frac{0.2\text{V}}{I} = \frac{0.2\text{V}}{0.2\text{A}} = 1\Omega$$

说明: 电源的内电阻等于内电压除以总电流。

【例 1-3】 有一个标有“200Ω, 2W”字样的电阻器, 问使用时所允许的最大电压和最大电流各为多少?

分析: ① 要求电路允许的最大电压, 由于电路是纯电阻电路, 根据 $P = U^2/R$, 可求出 U ; ② 根据部分电路欧姆定律求出 I 。

解: (1) 根据功率公式 $P = U^2/R$ 得 $U = \sqrt{PR} = \sqrt{2\text{W} \times 200\Omega} = 20\text{V}$

(2) 根据部分电路欧姆定律得 $I = \frac{U}{R} = \frac{20\text{V}}{200\Omega} = 0.1\text{A}$

说明: 本题解题的关键是正确选择公式。

☞ 习题选解

1. 有两个白炽灯, 分别为“220V, 40W”和“220V, 60W”, 两个白炽灯的额定电流之比是 _____; 灯丝电阻之比是 _____。

解: (1) 额定电流之比:

$$\text{由 } P_1 = UI_1 \text{ 得 } I_1 = \frac{P_1}{U}, \text{ 由 } P_2 = I_2 U \text{ 得 } I_2 = \frac{P_2}{U}$$